ZUR PHYSIOLOGIE DES GESICHTSSINNES.

Von

Dr. A. CLASSEN
in Hamburg.

JENA,
VERLAG VON HERMANN DUFFT.
1876.

„Unsere Erörterungen lehren demnach die Realität (d. i. die objective Gültigkeit) des Raumes in Ansehung alles dessen, was äusserlich als Gegenstand uns vorkommen kann, aber zugleich die Idealität des Raumes — d. i. dass er nichts sei, sobald wir die Bedingung der Möglichkeit aller Erfahrung weglassen, und ihn als etwas, was den Dingen an sich selbst zum Grunde liegt, annehmen.“ Kant.

„Der reine Verstand ist also in den Kategorien das Gesetz der synthetischen Einheit aller Erscheinungen, und macht dadurch Erfahrung aller erst und ursprünglich möglich.“ Kant.



Fragen wir nach den wissenschaftlichen Fortschritten von unzweifelhafter Gewissheit, welche in der Physiologie des Gesichtssinnes seit dem Epoche machenden Werke Johannes Müller's von 1826 gemacht sind, so finden wir solche allein in dem Gebiete gemacht, welches zweifellos durch Physik und Anatomie aufgeklärt werden kann. Was aber eigentlich Empfindung, Wahrnehmung und Erfahrung durch den Gesichtssinn sei, und wie dabei unsere geistige Thätigkeit sich zu den physikalischen Processen verhalte, darüber giebt es bis auf den heutigen Tag nicht nur keine Sicherheit, weil keine Übereinstimmung unter den Forschern, sondern es sind sogar die Grundlagen, die man früher für fest und sicher gehalten hatte, vollständig wieder in Frage gestellt worden. Zwar sind wir durch eine grosse Reihe höchst sorgfältiger und mühevoller Arbeiten mit einer Fülle von Hypothesen auf diesem Gebiete beschenkt worden, auch giebt es Autoritäten sowohl wie gläubige Schüler so viel wie nur auf irgend einem rein speculativen Gebiete, aber wenn man einen Blick auf die noch streitigen und ganz verschieden beantworteten Fragen wirft, so wird man sich bald überzeugen, dass auf diesem ganzen Gebiet noch von irgend einer wissenschaftlichen Erkenntniss kaum geredet werden kann.

Folgende Fragen harren der Lösung:

Empfinden wir uns selbst, d. h. die Reizung unserer Organe in jedem Empfindungsact oder empfinden wir durch die Reizung unserer Organe unmittelbar die Gegenstände der Wahrnehmung? Empfinden wir in unseren Nervenfasern deren Reizung oder empfinden wir durch die Nervenfasern das, was die Reizung veranlasst hat? Giebt es einheitliche Empfindungselemente, welche einzelnen Nervenelementen entsprechen? giebt es mithin einzelne Netzhautstellen, denen wir einheitliche Functionen in dem Process der Empfindung zuschreiben können, oder nicht? Wenn es derartige einheitliche Elemente der Empfindung entsprechend den einzelnen Netzhautstellen giebt, welche Functionen dürfen wir ihnen in der

Empfindung zuschreiben? haben sie eine angeborene Kenntniss ihrer Lage auf der Netzhaut oder haben sie nur Localzeichen, mittelst deren wir ihre Lage durch Vermittlung der Bewegungsgefühle kennen lernen? haben die Nervenelemente Gedächtniss für ihre Reizung oder haben wir ein Gedächtniss in den Nervenelementen? Ersteres würde der Ausdruck der nativistischen, letzteres der empiristischen Theorie sein. Sind die Irradiationserscheinungen durch Zerstreuungskreise, oder durch Miterregung der nächsten Nervenelemente, oder durch psychische Thätigkeit zu erklären? Woher die Schiefstellung verticaler Linien, wenn sie mit einem Auge betrachtet werden? Woher die Verkleinerung peripherisch gesehener Objecte im Sehfeld: durch die Form der Netzhaut oder durch die Gewöhnung, vermittelst der Augenbewegungen das subjective Sehfeld auszubilden? Was sind die Farben? Sind es Functionen der Retina, oder Ätherschwingungen, oder Eigenschaften der Objecte? Entstehen die Nachbilder nur durch Ermüdung der Nervensubstanz, oder auch durch secundäre Erregung? Beruht der simultane Farbencontrast nur auf Urtheilstäuschung oder auf einer Reaction des Organes? Können wir Contouren und Formen nur mit Hülfe von Bewegungen oder auch unmittelbar vor jeder Augenbewegung erkennen? Was verdanken wir der Beihülfe von Bewegungen und Muskelgefühlen? Messen wir mit ihrer Hülfe die Verhältnisse der Gegenstände im Raum oder projiciren wir die Netzhautbilder in den Raum hinaus? Liegen die Doppelbilder in falscher Entfernung wie die Projectionstheorie behauptet, oder sind sie von der Identität der correspondirenden Netzhautstellen abhängig? Sind die Identitätsverhältnisse angeboren oder gewohnheitsmässig erworben? Sind unsere Grössenurtheile abhängig von der Zahl der gereizten Netzhautelemente, oder von der Mitwirkung der Muskelgefühle? Beruht unser Urtheil über die Richtungen der Linien im Sehfeld auf angeborenen Sehrichtungen der Netzhautstellen, wie die Identitätstheorie behauptet, oder wird es durch Übung ausgebildet?

Man täuscht sich, wenn man von allen diesen Fragen auch nur éine für wissenschaftlich entschieden hält, denn es giebt wohl hinreichend Antworten, aber keine, die durch ihren Zusammenhang mit allen anderen Erfahrungen für vollständig bewiesen gelten könnte; vielmehr giebt es für jede Frage — und sie liessen sich leicht noch vermehren — wenigstens zwei Antworten, die einander widersprechen, und gleichen Anspruch auf Gewissheit erheben.

Dieser Zustand der Wissenschaft ist offenbar verschuldet durch den Mangel an Principien in der Methode, denn das Gebiet, welches hier bearbeitet werden sollte, gehört nicht einfach zur Naturwissenschaft, insofern die Verbindung von psychischen Thätigkeiten und physischen Processen hier überall hervortritt. Nun scheut man vielleicht mit Recht heutzutage philosophische Speculationen, aber wie wenig man dennoch eine philosophische Grundlage bei diesen Untersuchungen entbehren kann, das zeigt sich darin, dass wir in dem ganzen Gebiet auf Schritt und Tritt die kühnsten metaphysischen Speculationen des Materialismus antreffen, der überhaupt immer da einzutreten pflegt, wo die rationelle Basis der Wissenschaft aufhört. Denn das ist metaphysische Speculation, wenn man die geistige Thätigkeit als Function der Nervensubstanz auffasst. Würde man sich sagen, dass jede physische Bewegung, sie mag so fein sein wie sie wolle, ewig unvergleichbar bleiben muss mit den Erscheinungen unseres inneren Sinnes, mit Bewusstsein, Empfindung, Gedanken u. s. w., dass die nachweislichen erfahrbaren Leistungen der Nerven nur physische Bewegung sein können, dass wir mithin nur hoffen können, zu erforschen, welche Nervenfunctionen bestimmte geistige Thätigkeiten veranlassen und begleiten, nicht aber selbst sind, — dann würde man ein freies Feld gewonnen haben, auf welchem man ganz sicher den Parallelismus geistiger und physischer Processe verfolgen, aber auch jede Verwirrung beider mit einander verhindern könnte. Aus der Physik und Chemie unser Erkenntnissvermögen erklären zu wollen, muss aus dem Grunde stets ein vergebliches Unternehmen bleiben, weil unser Erkenntnissvermögen die Physik und Chemie erst geschaffen hat. Es übersteigt also die Grenzen der empirischen Forschung, den Ursprung und das Wesen des Erkenntnissvermögens zu erklären, weil dasselbe nicht selbst empfunden und wahrgenommen werden kann, d. h. sein Ursprung ist und bleibt transcendental.

Aber diese Erkenntniss führt uns nicht zum subjectiven Idealismus, welcher das Dasein der Gegenstände ausser uns für zweifelhaft und unerkennbar erklärt, wie Johannes Müller (Zur vergl. Phys. des Gesichtssinnes II. 39) und gelegentlich auch Helmholtz (Handbuch der phys. Optik. S. 430) und Hering (Beiträge z. Phys. 1. Heft S. 13, Z. 10 v. u.) nach dem Vorgang des Cartesius und Berkeley meinen, sondern der transcendentale Idealist, sagt Kant (Kritik der reinen Vernunft, Ausg. von Rosenkranz S. 297) ist ein empirischer Realist, „und gesteht der Materie, als Erscheinung,

eine Wirklichkeit zu, die nicht geschlossen werden darf, sondern unmittelbar wahrgenommen wird". „Ich habe in Absicht auf die Wirklichkeit äusserer Gegenstände ebenso wenig nöthig zu schliessen, als in Ansehung der Wirklichkeit des Gegenstandes meines inneren Sinnes (meiner Gedanken), denn sie sind beiderseitig nichts als Vorstellungen, deren unmittelbare Wahrnehmung (Bewusstsein) zugleich ein genugsamer Beweis ihrer Wirklichkeit ist." Dass wir in keiner Wissenschaft von Dingen reden können, die ausserhalb und unabhängig von unseren Vorstellungen sind, die wir uns also nicht vorstellen können, das sollte man nachgerade allgemein eingesehen haben.

Da wir nun die Überzeugung haben, dass Hypothesen nur unter der Bedingung fruchtbar für die Wissenschaft sein können, wenn sie mit allen Principien der Erfahrung im Einklang stehen, nichtsdestoweniger aber in unserem Gebiet manche Hypothesen gemacht sind, die die Möglichkeit ausschliessen, dass sie je erfahren werden könnten, z. B. das Bewusstsein und Gedächtniss, welches einzelnen Nervenelementen zukommen soll, ohne dass es je in unser eignes Bewusstsein gelangt wäre, so finden wir es nothwendig vor der Bearbeitung unserer Aufgabe, die Principien der Erfahrung selbst uns klar zu machen. Das aber können wir nur im engsten Anschluss an Kant's Kritik der reinen Vernunft, da wir eine Widerlegung der dort gegebenen Theorie bisher nicht kennen gelernt haben.

Die Ergebnisse der transcendentalen Ästhetik, dass Raum und Zeit Bedingungen *a priori* für alle Anschauungen, also alle Erfahrungen sind, sind in der That ziemlich allgemein anerkannt, und angewandt worden auf die Physiologie des Gesichtssinnes. Aber gerade weil Johannes Müller, dieser Erkenntniss treu, dennoch in den subjectiven Idealismus zurückfiel, der alle Wahrnehmungen aus dem Subject allein herleitet und die Wirklichkeit äusserer Dinge bezweifelt, so ist man vielfach zu der Meinung gelangt, dass Kant's Theorie der Erfahrung ebenso auf subjectiven Idealismus hinausführte. Dem ist aber gerade in der schweren aber äussserst scharfsinnigen Untersuchung über die reinen Verstandesbegriffe auf's allergründlichste gewehrt, einem Capitel, welches freilich so gut wie nirgends in der Naturwissenschaft zur Anwendung gekommen zu sein scheint. Die Hauptsache finden wir concentrirt in dem 3. Abschnitt der Deduction der reinen Verstandesbegriffe: „Von dem Verhältnisse des Verstandes zu Gegenständen überhaupt und der Möglichkeit, diese *a priori* zu erkennen."

Das erste Princip ist, dass alle Anschauungen für uns nichts sind, und uns nicht im mindesten etwas angehen, wenn sie nicht in's Bewusstsein aufgenommen werden können. Gewiss üben wir manche geistige Thätigkeit aus und erhalten manche sinnlichen Eindrücke, die nicht direct in unser Selbstbewusstsein einfliessen, aber wenn sie auch garnicht in's Bewusstsein erhoben werden könnten, so könnten wir nichts von ihnen wissen, d. h. sie existi ren nicht für uns, und wir können nicht mit Recht von ihnen als etwas Wirklichem oder Möglichem reden. Alles was wirklich da ist, muss eine Beziehung zu einem möglichen empirischen Bewusstsein haben, sonst können wir es garnicht vorstellen Bei diesem Bewusstsein ist natürlich nothwendig, dass es in seinen letzten Grundzügen für jeden einzelnen Menschen stets dasselbe bleibt. Denn wenn ich mir an einem Tage ein anderer zu sein schiene als an einem anderen, so wäre keine Möglichkeit, dass die Vorstellungen und Wahrnehmungen, welche ich in dem ersten Zustande bekommen habe, die eines anderen im zweiten Zustande würden. Demgemäss ist die erste Bedingung, damit aus den Eindrücken, welche die Sinne uns zuführen, eine Welt vorgestellter Gegenstände werde, diese: dass Etwas in uns sei, welches nicht wechsle, mit anderen Worten, dass ein jeder Mensch derselbe bleibt, der er ist, und dass man nach einem Jahre noch behaupten könne, dass man vor einem Jahr schon dieselbe Person gewesen sei. Diese Thätigkeit nennt Kant mit einem Leibniz'schen Ausdruck die Apperception unserer selbst, und insofern sie Bedingung ist, dass wir eine durch den Verlauf der Jahre sich gleich bleibende Erkenntniss haben können, die transcendentale Apperception. Ebenso wie zwei Menschen, von welchen der eine nur sehen und der andere nur hören könnte, in Bezug auf ihre Erfahrungen in keinem Stück übereinstimmen könnten, ebenso könnten wir Menschen in Bezug auf unsere Erkenntnisse von der Welt niemals zu einer Übereinstimmung gelangen, wenn die Thätigkeit der Erkenntniss — sagen wir der ganze Apparat des Erkenntnissvermögens — nicht bei einem jeden von uns ebenso geartet wäre wie bei jedem anderen, oder wenn er gar bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten, in Jugend oder Alter, in seinen Grundzügen sich veränderte. Darum erklärt Kant, dass mit der unwandelbaren Natur unserer selbst auch die Stabilität der Erkenntnissthätigkeiten verknüpft sei, welche dazu berufen sind, alle Vorstellungen, welche uns die Sinne liefern, zu verknüpfen, zu ordnen und zu befestigen. Er erklärt daher, dass wir ein Vermögen besitzen, die Vorstel-

lungen zu fassen, welche durch die einzelnen Sinnesreize veranlasst werden (Apprehension), diese einzelnen Vorstellungen zu verbinden (Synthesis der Einbildungskraft), die einmal angeschauten als wiedergerufene herüber zu ziehen zu den jetzt angeschauten (Synthesis der Reproduction), und endlich diese so entstandenen Bilder von Gegenständen zu vergleichen mit früheren Bildern, und sie als dieselben zu erkennen (Synthesis der Recognition).

Hier liegt der am schwersten zu lösende Knoten der Theorie der Erfahrung. Um nämlich zwei Vorstellungen, welche von demselben Gegenstand zu zwei verschiedenen Zeiten erzeugt sind, vergleichen zu können, bedarf man eines gemeinschaftlichen Gesichtspunctes, unter dem sie verglichen werden können, also einer Thätigkeit, welche selbst nicht Wahrnehmung sein kann, weil die Wahrnehmung durch sie verglichen werden soll; sie kann nichts Empfangenes sondern muss etwas Spontanes sein, welches uns schon vor jeder Wahrnehmung als deren Bedingung beiwohnt. Da diese Thätigkeit oder dies Vermögen, durch welches die Vergleichung der Wahrnehmungen statt zu finden hat, uns beständig und zu allen Wahrnehmungen unentbehrlich ist, so muss es bestehen in den mit der Natur unserer selbst gegebenen vergleichenden, d. h. urtheilenden Thätigkeiten oder Functionen des Verstandes, deren Anwendung auf Wahrnehmungen diese der Zufälligkeit entreisst, und ihnen den Charakter nicht bloss von Vorstellungen, sondern von nothwendig vorgestellten Gegenständen der Wahrnehmung und Erfahrung aufdrückt.

Das Ich oder die transcendentale Apperception bleibt die höchste Einheit, in welcher die Formen der Sinnlichkeit und der Spontaneität zusammenhängen; es ist unwandelbar dasselbe trotz aller Flucht der Erscheinungen, und macht dadurch allein eine feste Ordnung aller Erscheinungen, einen geordneten Zusammenhang aller Erfahrungen möglich. Alle sinnlichen Eindrücke, welche wir empfangen, werden in Zeit und Raum aufgenommen. Diese Anschauungsformen sind die Grundlagen für alle sinnlichen Wahrnehmungen, und machen es möglich, dass diese zeitlich und räumlich geordnet werden können. Die Ordnung selbst aber in unserer Erkenntniss wird zu Stande gebracht durch die Functionen des Verstandes, für welche die 4 Arten der Kategorien die Normen sind. Nur aus Sinnlichkeit und Verstand oder Sinneseindruck und kategorialer Function entspringt irgend eine Erkenntniss. Was Sinnlichkeit ganz ohne ein Erfassen von Seiten des Verstandes sei, davon wissen wir garnichts, denn die Beziehung zum Be-

wusstsein wird eben erst durch die Thätigkeit der Verstandesfunctionen hergestellt. Wollten wir uns aber der Kategorien allein bedienen, ohne sie auf Anschauungen anzuwenden, so würden wir nur Hirngespinnste denken, denen niemals ein Gegenstand der Erfahrung zu Grunde liegen könnte.

Die Bedingung zu jeder Erfahrung ist Empfindung und Wahrnehmung; die Bedingung zu dieser ist erstens ein Sinnesreiz, der auf unsere Organe einwirkt, zweitens Zeit und Raum als Formen, in denen die Wirkung dieses Reizes empfangen wird, drittens ein Act der Spontaneität, d. i. eine oder mehrere Kategorien, durch welche die sinnliche Erregung erfasst, zum Bewusstsein geführt, geordnet, gestaltet, schliesslich beurtheilt, verglichen und wieder erkannt wird.

So einfach der Zusammenhang aller dieser Verhältnisse ist, so ist er doch keineswegs leicht mit dem Grade von Deutlichkeit einzusehen, der allein die Gewissheit der Überzeugung geben kann. Doch da philosophische Auseinandersetzungen sehr leicht sich in's Ungemessene ausdehnen können, so begnüge ich mich zu verweisen, ausser auf die Kritik der reinen Vernunft selbst und ihre Darsteller, auf A. Krause's formale Logik des reinen Gefühls*) und meine eigenen Ausführungen in den „Grundzügen der Physiologie des Gesichtssinnes". Nur das will ich hier noch hervorheben, dass man sich das Verständniss für alle diese transcendentalen Bedingungen der Wahrnehmung und Erfahrung oft dadurch erschwert hat, dass man dieselben als bewusste Erkenntnisse und fertig ausgebildete Formen der Anschauung glaubte deuten zu müssen. Wenn wir Zeit und Raum nicht als fertige Formen sondern nur als Anlagen oder Fähigkeiten auffassen, Data der Sinnlichkeit auf gewisse Weisen ordnen zu können, und die Kategorien nicht als uns bewusste fertige Begriffe, sondern als Functionen des Verstandes, der nur in gewissen Formen thätig sein kann, dann verliert die Einsicht in den ganzen Zusammenhang sehr viel von ihrer Schwierigkeit, und vielleicht wird man sich geneigter zeigen, mit uns die Anwendung dieser Principien auf die physiologische Optik zu verfolgen, deren Resultat vielleicht dazu beitragen wird, die Richtigkeit der Principien zu bestätigen.

Wir gewinnen dadurch, dass wir diesen Standpunct inne halten, eine Richtschnur, nach welcher wir leicht und sicher alle

*) Die Gesetze des menschlichen Herzens wissensch. dargestellt als die formale Logik des reinen Gefühls. 1875.

Hypothesen, die nie bewiesen werden können, weil sie im Widerspruch mit den Principien der Erfahrung stehen, abweisen und eine Menge von Consequenzen, die aus solchen Hypothesen gefolgert sind, als Irrwege vermeiden können. Vor allem sind es zwei oft vorkommende Verwechslungen, die wir vermeiden können: einmal die im Subject der Empfindung zwischen dem Organe, durch welches wir empfinden, und uns selbst, die wir diese Empfindung haben oder der transcendentalen Apperception; das andere Mal die Verwechslung im Object zwischen dem Reiz als Ursache oder Veranlassung der Empfindung und dem Gegenstande, welcher unserer Empfindung entspricht, also allein Object der Empfindung sein kann. Die erste Verwechslung treffen wir nicht nur überall da an, wo wir Nervenfasern oder Netzhautelemente mit Bewusstsein, Empfindungsfähigkeit, Gedächtniss oder gar Verstand begabt annehmen, sondern auch da, wo wir nur die Annahme finden, dass wir in den Nervenfasern Empfindungen oder Gedanken hätten. Ich weiss sehr wohl, dass viele empirische Stützen für diese Annahme aus den bekannten Erscheinungen des sogen. Sinnengedächtnisses entnommen werden. Aber man analysire nur diese Erscheinungen: dadurch, dass dieselben Nervenelemente zum zweiten Mal ohne äussere nachweisliche Anregung dieselbe Vorstellung in uns hervorrufen wie das erste Mal, lässt sich doch nicht folgern, dass die Vorstellung in den Nervenfasern ist. Im Gegentheil wir würden sie nicht als dieselbe wieder erkennen, wenn wir nicht die Functionen des Verstandes dazu gebrauchten; also ist die so durch den inneren Nervenreiz hervorgerufene sinnliche Vorstellung in der transcendentalen Form aller Anschauungen des äusseren Sinnes, d. h. im Raum; und an welcher concreten Stelle des Raumes sie erscheint, hängt von der Thätigkeit des Verstandes ab. Weder bei irgendwelchen subjectiven noch bei objectiven Gesichtserscheinungen erfahren wir das Geringste von dem Ort unserer gereizten Nervenelemente, sondern diese werden vielmehr uns ganz allein durch wissenschaftliche Untersuchung bekannt. Was wir in den Nerven aber nachweisen können als Veranlassung der Empfindung, das ist und bleibt physische Veränderung sei es chemischer, mechanischer oder elektrischer Art. Das Subject der Empfindung dagegen mit allen Formen und Kräften bleibt transcendental, und kann selbst seinem Wesen nach nicht erfahren, sondern nur aus der Erfahrung erschlossen werden. Wir verwechseln also etwas Physisches, welches durch wissenschaftliche Untersuchung gefunden worden ist, mit der transcendentalen Ap-

perception oder dem Ich, wenn wir sagen, dass wir in den Nervenfasern oder Elementen empfinden oder denken könnten, da wir es doch nur durch dieselben können. Vermeiden wir diese Verwechslung, so müssen wir als unberechtigte Hypothesen abweisen die Annahme, dass die Netzhautstellen eine angeborene Kenntniss ihre eigenen Lage hätten, d. h. die Grundlage der nativistischen Theorie; ebenso aber auch die Annahme, dass wir eine Kenntniss der Lage unserer Netzhautstellen durch Übung und Gewohnheit erwerben könnten, d. i. die Grundlage der bisherigen empiristischen Theorie. Als Consequenzen dieser Hypothesen, die wir nun als Irrwege vermeiden können, stellen sich dar: die Identitätstheorie der Netzhäute, möge die Identität nun als angeboren oder erworben aufgefasst werden, und die Entwicklung des subjectiven Sehfeldes durch Bewegungsgefühle, die sich an die Kenntniss der Lage der Netzhautelemente anschliesst.

Die zweite oben erwähnte Verwechslung im Object der Empfindung treffen wir überall da an, wo man die Ursache der Empfindung, d. i. die Nervenreizung und ihre physische Grundlage mit dem Gegenstand der Wahrnehmung verwechselt, sei es nun, dass man Ätherschwingungen, die Licht- und Farbenempfindung veranlassen, mit Licht und Farben selbst verwechselt, sei es, dass man die Bilder auf der Netzhaut mit den Objecten der Wahrnehmung identificirt. Als Consequenzen, die aus dieser Verwechslung hervorgegangen sind, und die wir nun als Irrwege vermeiden können, ergeben sich alle Bestrebungen, eine Farbentheorie dadurch zu begründen, dass man die Ätherschwingungen sich in die Nervenfasern und das Gehirn fortsetzen lässt, gleich als wären die Schwingungen identisch mit der Empfindung; und ferner die Projectionstheorie, welche die Orientirung im Raum dadurch zu Stande kommen lässt, dass wir die Netzhautbilder an irgend einen Ort im Raum versetzen mit Hülfe der Muskelgefühle; denn die Netzhautbilder sind nur die Veranlassung zum Sehen von Gegenständen, nicht aber selbst Objecte der Wahrnehmung.

Wenn wir es nun unternehmen, auf den Kantischen Principien das Gebiet der Empfindung und Wahrnehmung durch den Gesichtssinn zu bearbeiten, so haben wir noch einige Lineamente in Bezug auf die Methode vorzuzeichnen. Ein Nachweis der Entwicklung unserer Raumanschauungen wird von der Physiologie verlangt, und soll auch gegeben werden. Dass diese Entwicklung nicht allein aus den mechanischen Eigenschaften der Nerven gegeben werden kann, leuchtet, wie wir gezeigt haben, daraus ein,

dass keine noch so unbedeutende Empfindung ohne Mitwirkung psychischer Kräfte zu Stande kommt. Wenn man aber auf der anderen Seite glaubt, dass mit den Eigenschaften eines angeborenen Raumes als der aprioristischen Form aller unserer Anschauungen die Entwicklung der empirischen Raumanschauung schon gegeben sei, so fällt man in den subjectiven Idealismus zurück, gegen welchen der transcendentale von Kant als Heilmittel geschaffen worden ist. Also mit der Entwicklung der Gesetze des Raumes, speciell mit der mathematischen Bearbeitung des von jedem Auge aus zu übersehenden Raumes ist die Entwicklung unserer empirischen Raumanschauung nicht abgethan. Angeboren ist uns nichts als die Grundlage oder die Fähigkeit zum Anschauen und Erkennen, und nur aus der Anwendung und Bethätigung dieser Fähigkeiten kann Erfahrung und Erkenntniss entspringen. Der transcendentale oder kritische Idealismus hat als Grundlagen für diese Bethätigung zwei Quellen nachgewiesen, die Formen der Receptivität, Zeit und Raum, und die Functionen der Spontaneität oder Kategorien. Eine Erkenntniss kann niemals aus einer dieser Quellen allein entspringen, sondern jede einzelne muss auf beiden ruhen, sonst ist sie keine Erkenntniss, sondern höchstens ein täuschender Schein oder ein Hirngespinnst. So können wir also keine Empfindung haben ausser in den Formen der Zeit und des Raumes, aber auch ebenso wenig ohne eine Function der Spontaneität in Wirksamkeit zu setzen. Mindestens muss eine Kategorie der Qualität den Sinneseindruck erfassen, sonst könnte er nicht uns zum Bewusstsein kommen, d. h. er existirte nicht für uns und wir könnten nichts von ihm wissen. Wollen wir den Gegenstand der Empfindung genauer bestimmen, so bedürfen wir der Function aller anderen Kategorien ebenfalls, wie das ausführlicher in der formalen Logik des reinen Gefühls von A. Krause nachgewiesen ist. Ohne die Thätigkeit der kategorialen oder Denkfunctionen wird also ein Sinneseindruck garnicht zu Stande kommen; durch sie dagegen wird er nach Qualität, Intensität, Beziehung zu anderen Gegenständen im Raum und endlich seiner objectiven Grösse und Entfernung nach erkannt. Das heisst nichts anderes als der Sinneseindruck wird zuerst erfasst in Zeit und Raum durch die kategorialen Functionen der Quantität, Qualität, Relation und Modalität, um durch dieselben Functionen später im bewussten Verstande beurtheilt, verglichen und wieder erkannt zu werden.

Wenn wir auf solche Art aus der kritischen Philosophie uns die Principien entliehen haben, nach welchen wir die psychischen

Kräfte, die bei der Gesichtswahrnehmung in's Spiel gesetzt werden, zu ordnen haben, so wird es nun die Aufgabe der Physiologie sein, das Verhältniss zu bestimmen, in welchem die mechanischen Bewegungen oder Processe in den Nerven und Muskeln des Auges zum Spiel der psychischen Kräfte stehen. Denn wenn auch die letzteren nicht von den mechanischen Processen ursprünglich erzeugt werden, so ist doch ein strenger Parallelismus zwischen beiden nothwendig vorhanden. Denn die einzige Veranlassung, durch welche die Thätigkeit der Erkenntnisskräfte hervorgerufen wird, sind, so weit unsere Erfahrung reicht, die Bewegungen in den Nerven, die eben durch Sinnesreize erzeugt werden. Die Physik nnd Anatomie leiten uns sicher bis dahin, wo der Sinnesreiz als feinste Wellenbewegung auf die Netzhaut trifft; welche Bedeutung nun weiter diese physikalischen Verhältnisse für das Zustandekommen unserer Empfindung und Wahrnehmung haben, das ist der Gegenstand meiner „Physiologie des Gesichtssinnes" gewesen, und soll hier in möglichst conciser Form übersichtlich zusammengestellt werden. Den Leitfaden für den Gang der Untersuchung müssen natürlich die vier Arten der Kategorien bilden.

Die Intensität der Lichtempfindung hängt ab von der Stärke des Reizes, das wäre in unserem Fall die Höhe oder Amplitude der Ätherwellen, und von der Erregbarkeit der Nervenelemente. Eine percipirende Schicht in der Netzhaut dürfen wir nicht suchen, weil die Perception nicht in, sondern durch die Netzhaut in uns stattfindet. Das Bild aber, welches die Gegenstände in's Auge werfen, und welches so Veranlassung zu unserer Empfindung wird, liegt in der Stäbchen- und Zapfenschicht, wie die Berechnung des Schattens der Purkinjeschen Aderfigur (Heinr. Müller) beweist. Sei es nun, dass die letzten Nervenfasern nur bis in die äussere granulirte Schicht zu verfolgen sind (Schwalbe), sei es, dass die feinsten Endigungen noch in das Innere der Stäbchen und Zapfen hineindringen (Merkel), auf jeden Fall sind die Stäbchen und Zapfen selbst als nicht nervöser Natur anzusehen, sondern vielmehr als modificirte Epithelialzellen von ähnlicher Beschaffenheit wie die Substanz des Stützgewebes, und analog den Endzellen mit denen die feinsten Enden der übrigen Sinnesnerven in Verbindung stehen. Damit ist aber der Hypothese, dass die Stäbchen und Zapfen einheitliche Elemente in der Empfindung repräsentirten, jeder anatomische Boden entzogen, der übrigens durch die Messungen der kleinsten wahrnehmbaren Distanzen oder Objecte im

Vergleich mit dem Durchmesser der Zapfen in der *Fovea centralis* niemals in Wahrheit befestigt worden ist. Es ist möglich, dass wir bei gehöriger Intensität der Beleuchtung feinere Distanzen unterscheiden können als der Durchmesser eines Zapfens beträgt. Die Schärfe unseres Sehens hängt nicht allein von der Ausdehnung der einzelnen Sinnesepithelien, sondern auch von dem Grade der Reizbarkeit, der mit ihnen zusammenhängenden Nerven und der genauen Einstellung des optischen Apparates ab. Wäre das nicht wirklich so, so könnte man auch nicht begreifen, dass in der *Fovea centralis* die Zapfen angehäuft sind, und an den Stellen, denen geringere Sehschärfe zukommt, die dünneren Stäbchen überwiegen.

Die Thatsache, dass die Stelle des deutlichsten Sehens ausschliesslich Zapfen trägt, ferner die Vertheilung der Zapfen und Stäbchen in der Thierreihe, sowie ihre Verbindung mit den Körnern der innern Körnerschicht, legen uns die Vermuthung nahe, dass die Zapfen, vom Lichtreiz getroffen, die mit ihnen zusammenhängenden Nervenfasern stärker erregen als die Stäbchen. Vögel nämlich, die am Tage ihre Nahrung suchen, und denen wir ein sehr scharfes Sehvermögen zutrauen müssen, sowie Reptilien, die im hellsten Sonnenschein ebenso wohl wie in dunkeln Löchern zu sehen scheinen, haben überwiegend oder gar ausschliesslich Zapfen, während nächtliche Vögel, im Dunkeln lebende Säugethiere (Maulwurf, Igel, Nachtaffe) und einige Fische (Hai und Rochen) nur Stäbchen haben. Da nun die Zahl der inneren Körner sich stets da grösser zeigt, wo nur Zapfen sich finden, so würden sie sich ohne Zwang als Hemmungsapparate auffassen lassen, die in die Nervenleitung eingeschaltet sind, und nun die Möglichkeit gewähren, dass auch die stärkere Erregung der Nervenfasern durch die Zapfen dem Organe nicht unerträglich wird, und dass eine Adaptation des Auges an verschiedene Grade der allgemeinen Beleuchtung stattfinden kann. Da übrigens auch die grossen Ganglienzellen im Bereich der *Macula lutea* angehäuft sind, so bleibt es unentschieden, welchem dieser beiden Nervenzellenelemente die Function eines hemmenden Einflusses am meisten zuzuschreiben ist. Thiere, welche nur oder überwiegend Zapfen haben, würden also einmal eine sehr hervorragende Sehschärfe haben, aber auch sich an die verschiedenste Beleuchtung gut adaptiren können; während solche mit Stäbchen allein zwar immer auch bei schwacher Beleuchtung noch sehen können, da sie weniger Hemmungsapparate haben, aber aus eben diesem Grunde sich nur sehr schlecht an hellere

Beleuchtung accommodiren könnten, wie das von den Eulen und nächtlichen Säugethieren bekannt ist.

Der Versuch, ein constantes Verhältniss zwischen den Intensitäten des Reizes und der Empfindung zu finden, ist für's Auge nach den Untersuchungen von Aubert und Helmholtz nicht geglückt. Höchstens für die mittleren Grade der Helligkeit beim wohl adaptirten Auge kann man behaupten, dass Intensitätsunterschiede der physikalischen Reizung gleichen Unterschieden in der Helligkeitsempfindung entsprechen. Für die niederen und höheren Grade der Helligkeit ist das nicht der Fall, d. h. die bedeutendsten Unterschiede in der Intensität der physikalischen Reizung bewirken viel geringere Unterschiede in der Lichtempfindung oder umgekehrt. Der Grund für dies Verhältniss liegt offenbar in den Eigenschaften der Empfindung erregenden Nervensubstanz. Wäre die physische Bewegung, welche sie in Folge der Reizung erzeugen muss, identisch mit der Empfindung, d. h. also: wäre die Empfindung nichts als Function der Nervensubstanz, so wäre es nicht zu begreifen, wie eine Steigerung des Reizes nicht constant eine entsprechende Steigerung der Empfindung hervorrufen sollte. Da wir aber die physikalische Bewegung in den Nerven, die zunächst durch den Lichtreiz hervorgerufen wird — nach allen Erfahrungen müssen es elektrische Bewegungen sein — als einen Factor betrachten müssen, der sich zwischen Reiz und Empfindung zwischenschiebt als vermittelndes Glied, so wird es vollständig begreiflich, dass Hemmungen in der Nervenleitung, die von den zelligen Elementen ausgehen können, bald mehr bald weniger die Erregung der Empfindung beeinflussen. Eine übermässige Reizung der Nerven wird gehemmt werden in den Ganglien, und deswegen nicht eine übermässige Steigerung in der Empfindung erregen; sehr schwache Lichtreize können dagegen verhältnissmässig viel Empfindung erregen, weil das Bedürfniss der Erhaltung des Organes und das Streben nach deutlicher Wahrnehmung die hemmenden Einflüsse nicht zur Wirkung kommen lässt.

Dass das Streben nach deutlicher Wahrnehmung einen ganz bedeutenden Einfluss auf die Hemmung der Leitung haben kann, werden wir später bei der Betrachtung einer Art des gemeinschaftlichen Sehens, beim Schielen, ausführen. Häufig wird auch durch pathologische Veränderungen in der Netzhaut die Hemmung gesteigert oder die Leitung erschwert. *Torpor retinae* nennt man den Zustand, in welchem die Netzhaut mehr Licht bedarf als normale Augen, um ebenso scharfes Sehen zu vermitteln. Das ist

entweder ein Symptom einer chronischen oder gar angeborenen Erkrankung, der *retinitis pigmentosa*, oder einer plötzlich entstandenen Ernährungsstörung der Netzhaut. Im ersten Falle haben wir bisweilen die auffallende Erscheinung, dass bei guter Tageshelle ebenso scharf gesehen wird wie bei normalen Augen; nur in der Dämmerung oder im dunkeln Zimmer ist die Sehschärfe sehr viel geringer als bei normalen. Dies Verhältniss deutet darauf hin, dass in solchen Fällen durch die Gewohnheit während der langen Zeit der Entwicklung des Leidens die Thätigkeit der Hemmungsapparate niemals in Anspruch genommen und gewissermaassen sistirt ist, so dass nun zwar bei heller Beleuchtung ebensowohl wie durch solche Augen gesehen werden kann, bei denen noch hemmende Einflüsse das Übermaass der Reizung beschränken; aber wenn dann weniger Licht in's Auge fällt, so kann die Reizbarkeit nicht mehr wie in anderen Augen durch Aufhebung der Hemmung, d. i. Adaptation an geringere Helligkeit, erhöht werden. Im zweiten Fall kann die Ernährungsstörung ebensowohl durch mangelhafte Blutzufuhr, wie durch Austritt von Serum aus den Blutgefässen zwischen die Nervenfasern bedingt sein. Also bei beginnender Atrophie der Sehnerven, bei Amblyopie nach starken Blutverlusten tritt dasselbe Symptom auf wie bei einer leichten *retinitis* in Folge von Überreizung der Nervenfasern, d. h. die Kranken brauchen längere Zeit, um einen Eindruck deutlich zu erfassen, verlieren aber denselben auch eher wieder, als die Aufmerksamkeit nachlässt. Das Symptom der Lichtscheu scheint dagegen immer von Reizung der Ciliarnerven, nicht von Netzhautleiden abzuhängen. Es besteht in Schmerzhaftigkeit, welche die Lichtempfindung begleitet, und wird meistens durch Lähmung der Accommodation mittelst Atropin beseitigt.

Wäre die physische Bewegung im Sehnerven, welche die Empfindung hervorruft, identisch mit den Schwingungen des Lichtäthers, so würde es unbegreiflich sein, dass die Zeitdauer der Empfindung stets länger anhält als die Einwirkung des Reizes. Wenn die physische Bewegung dagegen elektrischer Art ist, so ist ihre längere Dauer durch die Natur der Nervensubstanz und die Art elektrischer Stromschwankungen überhaupt erklärlich. Im Allgemeinen dauert die Erregung der Netzhaut um so länger, je intensiver der Lichtreiz war, welcher sie traf. Ein länger dauernder schwacher Reiz verhält sich aber ähnlich wie ein starker momentan einwirkender in Rücksicht auf die Erregung der Retina. Beide rufen mehr oder weniger lang dauernde Nachbilder hervor. Übermässig heftiger Lichtreiz, z. B. durch einen Blitz in näch-

ster Nähe oder durch anhaltenden Blick in die Sonne oder deren Spiegelbild, wahrscheinlich auch der anhaltende Blick auf blendende Schneeflächen (Schneeblindheit), stören die Thätigkeit der Netzhaut, indem eine Trübung der inneren Schichten und Erweiterung der Blutgefässe in der Umgebung der *macula lutea* eintritt, durch welche die *fovea centralis* als rothes Fleckchen contrastirend hervorscheint; gerade aus diesem letzten Umstand erhellt, dass nicht die Zapfenschicht getrübt ist. Nichts ist indessen so thöricht als die Klage, dass eben wegen dieses eigenthümlichen Verhaltens der Retina gegen die physische Reizung, rücksichtlich der Zeitdauer der Empfindung, das Auge uns nur ein unvollkommenes Abbild der Zeitverhältnisse in der wirklichen Welt gewähre. Denn der physische Reiz ist nicht Gegenstand der Empfindung, und die Zeit ist nur Form der Empfindung und ihrer Gegenstände. Wären die Ätherwellen selbst sichtbar, so möchten wir auch ein Interesse daran haben, ihre Zeitverhältnisse direct durch's Auge richtig zu beurtheilen. Da sie aber nur das Mittel zum Sehen von Gegenständen sein können, so müssen wir schon zufrieden sein, wenn wir nur aus ihren Wirkungen auf ihre Existenz und Zeitverhältnisse nach der Analogie mit anderen Wellenbewegungen schliessen können. Die wirklich wahrnehmbaren Dinge aber werden in ihrer räumlichen Ordnung nebeneinander durch das Auge um so besser aufgefasst werden, je weniger flüchtig ihre Eindrücke in der Netzhaut haften.

Wir leugnen darum nicht, dass die Dauer des Lichteindruckes nach Aufhören des Reizes zu manchen Täuschungen Anlass geben kann, indem entweder schnell bewegte Dinge bei momentaner Beleuchtung durch elektrische Funken zu ruhen scheinen, oder indem wiederholte unterbrochene Eindrücke den Schein continuirlich bewegter Gegenstände erregen, und die zahlreichen Täuschungen, die überhaupt durch Nachbilder möglich sind, aber diese Möglichkeit der Täuschung kann jedes Mal durch ein Urtheil des reiferen Verstandes corrigirt und in ihren Ursachen begriffen werden, und ist nicht als ein Mangel des Organes anzusehen, da ja ebensoviel Vorzüge durch dieselbe Eigenschaft uns zu Theil werden.

Was nun die Beurtheilung der Gesichtswahrnehmungen rücksichtlich ihrer Ausdehnung im Raum betrifft, so haben wir streng zu unterscheiden, dass wir an jedem Dinge eine scheinbare und wirkliche Grösse beurtheilen können; erstere kann man auch die subjective oder mathematische Grösse der Dinge nennen, letztere die objective oder dynamische. Erstere beruht nur auf der Ver-

gleichung der subjectiven Eindrücke oder der Bilder der Objecte, ohne Rücksicht auf die Entfernung derselben, letztere wird erkannt durch die Verbindung unseres Grössenurtheils mit dem Urtheil über die Entfernung. Man kann nicht sagen, dass immer von den Physiologen beide Urtheile ihrem Wesen nach deutlich voneinander unterschieden wären. Indessen unterliegt es keinem Zweifel, dass es in jedem Falle uns freisteht, vom Entfernungsurtheil zu abstrahiren und nur die Bildgrösse eines Objectes mit anderen Bildern im Sehfeld zu vergleichen. Ich kann jeden Augenblick die Bildgrösse meines Fingers mit einem fernen grossen Schrank oder Thurm u. s. w. vergleichen, ohne die wirkliche Grösse zu vergleichen, die erst aus der Combination mit dem Entfernungsurtheil gewonnen wird. Auf diesem Wege können wir ganz leicht nachweisen, dass unser subjectives Sehfeld gewissen geometrischen Gesetzen streng unterworfen ist, die sonderbarer Weise noch von keinem vollständig aufgedeckt sind. Um dieselben sich anschaulich klar zu machen, bedarf es für den Beobachter nur bei allen Versuchen der Abstraction vom Entfernungsurtheil.

Wenn diese Bedingung erfüllt ist, so finden wir zunächst, dass alle gleich grossen Bilder in den peripherischen Theilen des Sehfeldes kleiner erscheinen als in der Mitte; und zwar findet die Verkleinerung in dem Sehfeld jedes einzelnen Auges am meisten nach unten, innen und oben statt, am wenigsten nach aussen. Man überzeugt sich am besten davon, wenn man ein Schachbrett etwa 20 Cm. entfernt senkrecht vor ein Auge hält bei Verschluss des anderen, die Mitte scharf fixirt, und ohne Augenbewegungen die Grösse der verschiedenen Felder vergleicht. Dieselben schrumpfen förmlich gegen die Peripherie hin zusammen, am meisten nach innen und unten, demnächst nach oben und aussen, so dass die Parallellinien peripherisch zu convergiren scheinen. Dadurch wird auch leicht der Schein erzeugt, als krümme sich die Fläche des Schachbrettes wie eine convexe Fläche mit den Rändern nach abwärts. Umgekehrt kann man, wie Helmholtz sehr genau beschreibt, eine schachbrettähnliche Figur anfertigen, die mit hyperbolischen gegen die Peripherie auseinanderweichenden Linien lauter Felder darstellt, die nach aussen regelmässig grösser werden, und kann dieselbe aus einer gewissen Entfernung betrachtet so sehen, als wären alle Felder nahezu gleich gross. Nach oben und unten scheinen die Höhen mehr verkürzt als die Breiten, nach innen findet eine fast allseitige Verkleinerung statt, nach aussen am wenigsten. Dass an dieser Erscheinung nicht etwa die Augen-

bewegungen als erklärende Ursachen betheiligt sind, werden wir bei der Betrachtung des Einflusses der Bewegungen später nachweisen. Die Thatsache entspricht so genau den mathematischen Grössenverhältnissen, die durch den Bau des Auges bedingt sind, dass man nicht wohl zweifeln kann, dass dieser allein die Ursache ist.

Man braucht nur zu überlegen, dass der Kreuzungspunct der Richtstrahlen im normalen Auge wenigstens 4 Mm. vor dem geometrischen Mittelpunct der Netzhaut gelegen ist, so ergiebt sich sofort durch die einfachste geometrische Construction, dass Bilder von gleich grossen und gleich entfernten Objecten um so kleiner auf der Netzhaut ausfallen müssen, je näher sie dem Kreuzungspunct liegen. Gliche nun die Netzhaut genau einer Kugelfläche, so würden alle peripherischen von gleich grossen Objecten herrührende Bilder gleichmässig verkleinert erscheinen. Da aber das Auge unsymmetrisch gebaut ist, so dass es einmal von oben nach unten etwas abgeplattet ist, zweitens aber die optische Axe so von hinten nach vorn verläuft, dass die innere Hälfte der Retina-Wölbung grösser ist als die äussere (Helmholtz, Atlas zum Handbuch Taf. I), so werden die Bilder von gleich grossen Quadraten auf den oberen und unteren peripherischen Theilen an Höhe mehr wie an Breite verlieren, und die auf der äusseren Hälfte gelegenen kleiner als die auf der inneren Hälfte ausfallen, weil diese etwas weiter vom Kreuzungspunct entfernt sind. Je mehr das Auge langgebaut, d. i. myopisch ist, desto auffallender werden diese Grössenunterschiede hervortreten; je kürzer oder hypermetropischer es gebaut ist, desto geringer. Die Beobachtung dieser Thatsachen ist vollkommen in Übereinstimmung mit dem, was man durch verschiedene exacte Untersuchungen bereits weiss, dass nämlich jedes Auge auf den peripherischen Theilen der Retina noch lange vor dem Äquator hypermetropisch wird (Stammeshaus).

Bestätigende Beobachtungen lassen sich nun auch jeden Augenblick mit welchselnder Fixation machen. Man halte nur seine beiden Zeigefinger in gleicher Entfernung von wenigen Zollen vor ein Auge und fixire abwechselnd den einen und den anderen. Jedesmal wird der seitlich beachtete kürzer und dünner, um wieder zu wachsen im Augenblick, wo er fixirt wird; und der auf der Nasenseite gehaltene wird das Zusammenschrumpfen stets in höherem Maasse zeigen wie der andere. Es erleichtert die Wahrnehmung der Sache sehr, wenn man zwei gleich grosse Bilder vergleicht, und nicht nur einen Gegenstand abwechselnd fixirt und

seitlich beachtet. Nur durch diese letztere Art kann ich mir erklären, dass Helmholtz zu dem Resultate kommt, dass die peripherischen Erstreckungen im Allgemeinen länger erscheinen als die gerade gesehenen, denn wenn man zwei gleich grosse Bäume, Fenster oder Thürme u. s. w. miteinander vergleicht, so ist nach meiner Erfahrung, die ich auch häufig Andere machen liess, das Urtheil immer dasselbe, dass die peripherischen Gegenstände im Sehfeld stets zusammenschrumpfen.

Als zweites erklärt sich durch dieselben physikalischen Verhältnisse im Bau des Auges das sogenannte Schiefstehen der Netzhautmeridiane, d. h. dass man mit dem rechten Auge eine verticale Linie leicht nach links, mit dem linken Auge leicht nach rechts geneigt sieht. Da für jedes Auge die sämmtlichen nach innen gelegenen Gegenstände verhältnissmässig mehr zusammenschrumpfen wie die nach aussen gelegenen, so wird der rechte Winkel auf der Nasenseite der Figur sich ein wenig kleiner zeigen als sein Nebenwinkel auf der Schläfenseite, und daher die verticale Trennungslinie sich ein wenig nasenwärts zu neigen scheinen.

Drittens erklärt sich aus derselben Ursache, warum verticale Linien stets etwas zu gross geschätzt werden im Vergleich zu horizontalen; warum ein Quadrat uns wie ein Rechteck mit grösserer Höhe als Breite erscheint. Die leichte Abplattung des *bulbus* von oben nach unten bedingt, dass die Netzhaut nach oben und unten etwas steiler auf- und absteigt als ihre Krümmung im horizontalen Durchschnitt ist. Daher fallen die Bilder verticaler Linien, die ebenso gross wie horizontale sind, doch etwas länger aus als diese, vorausgesetzt, dass sie überhaupt sich nicht über ein gewisses Maass erstrecken. Denn wenn ihr Bild sich dem Äquator der Netzhaut näherte, so würde es wieder eine gewisse Verkürzung erleiden. Nur auf Grund dieser rein physikalischen Erklärung ist es begreiflich, dass die Fehler unseres Augenmaasses thatsächlich bei jedem Menschen so ausserordentlich constant sich wiederholen. Ich sehe alle verticalen Linien in 20 Cm. Entfernung bis zur Länge von etwa 5 Cm. um ungefähr $^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ zu gross und zeichne sie auch in demselben Verhältniss zu kurz. Sind sie aber länger als 6 und 7 Cm., so fällt mein Urtheil richtiger aus, und darüber hinaus falle ich in den entgegengesetzten Fehler. Übung und Gewohnheit und häufiger Wechsel der Fixation lassen uns im gewöhnlichen Leben unsere Augen so gebrauchen, dass wir die durch den physikalischen Bau des Auges bedingten Täuschungen nicht bemerken.

Namentlich die Entfernungsurtheile, die zu den Grössenurtheilen hinzutreten, lassen uns jene mathematischen Verhältnisse vernachlässigen; doch können wir sie jeder Zeit wieder nachweisen, wenn wir von den Entfernungsurtheilen abstrahiren.

Aber diese mathematischen Verhältnisse sind nicht das einzige Motiv für unsere Grössenurtheile; es giebt auch ein psychisches Motiv von ganz bestimmter Form, welches Einfluss auf dieselben hat. Das sind die logischen Functionen „viel" und „wenig" (vgl. Krause's Kategorientabelle), die sich gleichmässig finden in unseren Urtheilen über die Intensität des Reizes wie über die Ausdehnung der Raumgrössen. Ein helleres Bild erscheint grösser als ein gleich grosses weniger helles, vorausgesetzt, dass man von Entfernungsurtheilen abstrahirt. Das ist der einfachste Ausdruck für die zahlreichen Erscheinungen, die man unter dem Namen der Irradiation zusammenfasst. Dass diese Erscheinungen nicht hinreichend erklärt werden durch die unmerklichen Zerstreuungskreise, die wegen der Unregelmässigkeit der brechenden Medien noch übrig bleiben, wenn auch das Auge scharf accommodirt ist, geht schon daraus hervor, dass diese Zerstreuungskreise für die Empfindung unmerklich sind, und nur das unser Urtheil bestimmen kann, was eben merklich ist. Was nicht empfunden wird, kann auch kein Motiv für unser Urtheil sein. Zerstreuungskreise sind aber sonst recht gut wahrzunehmen als schwache Verbreiterung der Conturen, die man ausserhalb des Accommodationsbereiches sieht, und ein scharfes Bild ist sehr genau von einem mit Zerstreuungskreisen gesehenen zu unterscheiden. Zerstreuungskreise, die in der Empfindung merklich sind, tragen auch nachweislich dazu bei, die Erscheinungen der Irradiation zu verstärken, aber auch wenn sie für die Empfindung vollständig fehlen, bleiben die Irradiationserscheinungen doch nicht aus.

Schon bei der Untersuchung der kleinsten sichtbaren Objecte fand Aubert, dass ein grosser Unterschied zwischen weissen Objecten auf schwarzem Grunde und schwarzen Objecten auf weissem Grunde sich zeigte. Je heller die Objecte sind, desto kleiner dürfen sie sein, um eben noch gesehen zu werden. Daher wir noch Sterne wahrnehmen können, deren Gesichtswinkel ganz unmessbar klein ist. Daher ist die untere Grenze für kleinste sichtbare Objecte nicht zu bestimmen, weil es nur einer Steigerung der Intensität des Lichtreizes bedarf, um solche Objecte, die wegen Kleinheit verschwunden waren, wieder sichtbar zu machen. Aber wenn man die scheinbare Vergrösserung kleinster leuchtender

Puncte vielleicht mit Hülfe von unmerklichen Zerstreuungskreisen erklären könnte, so muss ein solcher Versuch bei grösseren Objecten ganz vergeblich sein, weil bei diesen die Zerstreuungskreise viel zu gering sind, um die unläugbare Vergrösserung, die sich unserem Urtheil aufdrängt, zu erklären. Wenn z. B. weisse Strümpfe die Waden voller erscheinen lassen als schwarze, so können dabei doch die Zerstreuungskreise gar nicht in's Gewicht fallen, ebenso wenn weisse Kleidung den ganzen Menschen grösser erscheinen lässt als schwarze, oder wenn das Spiegelbild des Mondes im Wasser sich über den dunklen Uferrand auszudehnen scheint. Wenn nicht die logischen Functionen zur Gestaltung einer jeden Wahrnehmung nothwendig erfordert würden, so würden wir nicht so bestimmt aussprechen können, dass das von A. Krause entdeckte Gesetz des Gleichschlusses hier überall unser Urtheil bestimmt, kraft dessen sich stets viel Licht mit viel Raum in der Wahrnehmung verbindet, ebenso wie wenig Licht mit wenig Raum oder kleinerem Raum — immer vorausgesetzt, dass die Entfernungsurtheile aus dem Spiel bleiben. Für den letzteren Satz lassen sich ebenfalls ganz schlagende Beobachtungen anführen. Legt man z. B. ein dunkelfarbiges Glas auf eine Nummer der Snellenschen Schriftproben, so erscheint die verdunkelte Schriftart im ersten Augenblick nicht grösser wie die vorhergehende Nummer. Man kann sich durch genauere Betrachtung überzeugen, dass sie in Wahrheit nicht verkleinert ist, aber die Neigung, sie für kleiner zu halten, ist unabweislich. Ganz unvermeidlich ist die Täuschung, wenn wir gar keine weiteren Hülfsmittel der Erfahrung anwenden können, um das Urtheil zu corrigiren; das ist der Fall bei der sogen. retinalen Mikropie, die dadurch entsteht, dass ein centraler Theil der Retina weniger helle Eindrücke bekommt, als die übrige Netzhaut. Es findet sich entweder eine umschriebene Partie um die *macula lutea* entzündlich getrübt, serös durchtränkt, oder wie ich in einem Falle beobachtete, es kann ein Tropfen blutigen Ergusses im Glaskörper so nahe vor der Retina schweben, dass ein umschriebener Theil derselben nur durch die trübe verdünnte Blutflüssigkeit hindurch Lichtstrahlen erhält. Die Bilder auf dieser umschriebenen weniger erregbaren Partie veranlassen, dass die Eindrücke auffallend kleiner erscheinen, als die von den normalen Netzhautgegenden gewonnenen; die Kranken geben oft an, dass eine Kerzenflamme, central fixirt, um ein Drittel kleiner erscheint als peripherisch. Dass hier nicht das Untergehen einzelner Netzhautelemente Schuld

hat, dafür spricht einmal, dass in der angeführten Beobachtung von mir die Netzhaut selbst gar nicht mehr getrübt oder krank war, dann aber, dass es überhaupt absurd ist, aus der Zahl der gereizten Nervenelemente Grössenurtheile ableiten zu wollen, weil man dabei die logische Function der Quantität mit der Quantität des Organes verwechselt. Dasselbe gilt auch für alle theoretischen Versuche, welche dem blinden Fleck einen verkleinernden Einfluss auf unsere Wahrnehmung zuschreiben. Die Grössenurtheile aber, die auf die Wahrnehmung der wirklichen oder dynamischen Grösse der Gegenstände sich beziehen, können wir erst besprechen, wenn wir die Augenbewegungen und die Entfernungsurtheile betrachtet haben.

Die Qualitäten der Lichtempfindung, das Weiss, Schwarz, Grau und alle möglichen Farben, sind noch bis in die neuste Zeit Gegenstand des Streites zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Richtungen gewesen. Sie sind in der That ein besonders geeignetes Beispiel, um an ihnen den Widerstreit der heutzutage noch herrschenden philosophischen Schulen oder Denkweisen zu entwickeln. Der empirische oder subjective Idealismus sagt: wir wissen von nichts als von uns selbst und unseren eigenen Affectionen etwas Gewisses; Farben sind deswegen nichts als Modificationen unserer Sinnlichkeit, und wir können niemals wissen, ob denselben irgend etwas Ähnliches in der wirklichen Welt entspricht. Johannes Müller sagte demgemäss (vgl. Phys. d. Gesichtss. XVI): Das Sehorgan empfindet sich selbst, indem es gegen jeden Reiz in seinen Energien leuchtend thätig ist; es schaut sich im Zustand der Ruhe dunkel, im Zustand der Reizung licht und farbig an. Der Gedanke der specifischen Energie der Sinnesnerven, den Johannes Müller zum ersten Mal in aller Schärfe ausgeführt hat, ruht wenigstens auf dem unzerstörbaren Grunde, dass ebenso wie das Bewusstsein und jede geistige Thätigkeit, so auch jede Qualität der Empfindung ewig unvergleichbar mit irgend welchen physischen Bewegungen oder Processen bleiben muss, dass mithin der letzte Grund für alles Denken wie für alles Empfinden allein in uns selbst gelegen, d. i. transcendental sein kann. Was aber die Behauptung betrifft, dass das Sehorgan selbst das Subject der Empfindung sei, so ist das freilich von Physiologen oft genug bis auf den heutigen Tag anerkannt worden, kann aber nie von einem Philosophen gebilligt werden; denn das Organ bleibt immer nur das Werkzeug, dessen wir uns bedienen. Was aber

die Behauptung betrifft, dass der Gegenstand unserer Wahrnehmungen auch zunächst der Sehnerv und die Netzhaut selbst seien, und dass wir erst durch Erziehung im Spiel mit Hülfe der Bewegungen und der Vergleichung von Gesichts- mit Tastempfindungen allmählich dahin kämen, unseren eigenen Körper von den Dingen ausserhalb desselben zu unterscheiden, so ist das gerade die Ursache geworden, weshalb die Physiologie die Müller'schen Grundlinien verlassen und in der empiristischen Theorie neue Bahnen aufzusuchen angefangen hat.

Das directe Gegentheil des empirischen Idealismus, aber doch im Grunde mit ihm verwandt, ist der transcendentale Realismus, welcher ohne vorhergehende Kritik des Erkenntnissvermögens auf guten Glauben das Dasein der Dinge ausser uns voraussetzt, und sich in der Physiologie der Sinne die Aufgabe stellt, zu erforschen, wie die Erkenntniss der Dinge in unser Inneres hineinkommt, welches Innere uns nun auch nicht weiter bekannt sein kann, als die Untersuchung des Gehirns und der Nervensubstanz reicht. Dieser transcendentale Realismus (Helmholtz, Wundt) muss dem empirischen Idealismus (Joh. Müller, Hering), wie Kant nachgewiesen hat (II S. 297), nothwendig immer wieder Platz einräumen, „weil er die Gegenstände äusserer Sinne für etwas von den Sinnen selbst Unterschiedenes und blosse Erscheinungen für selbständige Wesen ansicht, die sich ausser uns befinden; da denn freilich bei unserem besten Bewusstsein unserer Vorstellung von diesen Dingen, noch lange nicht gewiss ist, dass, wenn die Vorstellung existirt, auch der ihr correspondirende Gegenstand existire". Demgemäss sagt Helmholtz: Ob die Qualitäten unserer Empfindung mit den Qualitäten der wirklichen Dinge übereinstimmen, darüber giebt es gar keine Gewissheit, ja in einigen Fällen können wir sogar bestimmt nachweisen, dass die Dinge selbst ganz andere sind, als unsere Empfindung uns angiebt, z. B. unterscheiden wir durch Empfindung Licht und Wärme als zwei ganz grundverschiedene Qualitäten, während die Wissenschaft, von der Erscheinung abstrahirend und aufsteigend zu den nur durch Begriffe erkennbaren Ursachen, gezeigt hat, dass beide sich nur durch etwas verschiedene Wellenlänge und Geschwindigkeit unterscheiden, im Wesentlichen aber dasselbe sind. Nur im Gebiet des mathematischen Denkens ist eine Übereinstimmung unserer Erkenntnisse mit der Natur der Dinge zu erreichen, nicht im trügerischen Schein der Sinneswahrnehmungen. „Die Sinnesempfindungen sind uns nur Symbole für die Gegenstände der Aussenwelt

und entsprechen diesen etwa so, wie der Schriftzug oder Wortlaut dem dadurch bezeichneten Dinge. Sie geben uns zwar Nachricht von den Eigenthümlichkeiten der Aussenwelt, aber nicht bessere, als wir einem Blinden durch Wortbeschreibungen von der Farbe geben"*). Demgemäss stellt sich die Farbentheorie von Helmholtz die Aufgabe, den Übergang der mathematisch zu berechnenden Grundlage, d. i. der Ätherschwingungen in's Innere des Gehirns nachzuweisen, und nimmt nach dem Vorgang von Thomas Young drei Fasergattungen in der Netzhaut an, um die Fortsetzung der mannigfaltigen Ätherschwingungen in den entsprechend schwingenden Fasern begreiflicher zu machen. Da Helmholtz aber einsah, dass Grundfarben nur Empfindungen sein können und Mischfarben Combinationen von Empfindungen, so musste er die drei Grundfasern, die ursprünglich nach Young nur die mechanische Vorstellung der Schwingungen im Nerven erleichtern sollten, zu roth, grün und violett empfindenden Fasern machen. Diese Hypothese ist wie Helmholtz selbst sagt, nichts als eine weitere Ausführung des Gedankens der specifischen Energie im Sinne von Johannes Müller, und somit der Realismus wieder zum empirischen Idealismus zurückgekehrt. Wundt bleibt allerdings dem Realismus länger treu, indem er verlangt, dass jede Retinafaser in alle möglichen Schwingungsarten gerathen könne, gerade wie der Äther selbst, aber er macht damit Hypothesen, die unmöglich je bewiesen werden können, da unsere Erfahrungen über andere Stoffe überhaupt uns lehren, dass nicht alle möglichen Bewegungsarten in allen Stoffen vorkommen können, sondern dass die physikalische Structur jedes Stoffes grossen Einfluss auf seine Bewegungsformen hat. So wenig wie die Wellen im Wasser oder in der Luft an Geschwindigkeit den Ätherwellen gleichkommen, so wenig können wir es von der Nervensubstanz annehmen; und wenn man die Hülfshypothese macht, dass der Äther selbst die Moleküle der Nervensubstanz umhülle, damit man im Nerven dieselben Schwingungen annehmen kann, wie ausserhalb desselben, so fehlt noch immer jedes Band, welches die Identität von Schwingungen und Farbenempfindung nachweist. Freilich ist es die Art des modernen Realismus überhaupt, sich an Hypothesen genügen zu lassen, selbst wenn man nicht einmal hoffen kann, sie je zu beweisen; daher denn auch Wundt bei Besprechung des Causalgesetzes Hume

*) Pop. wiss. Vorträge. Über Goethe's nat. Arbeiten S. 49.

gegen Kant vertheidigt*), und überwiegend Skepticismus die Signatur der heutigen Naturforschung bildet wie in der Englischen Philosophie vor Kant.

Aber so geistreich alle diese Hypothesen über Farbenempfindung sind, so dürfen sie doch nicht einmal den Anspruch erheben, alle Beobachtungen auf diesem Gebiet zu erklären. Warum z. B. zwei sogen. Complementärfarben in der Mischung Weiss ergeben, ist aus den entsprechenden Wellenlängen und Schwingungszahlen nicht einzusehen; warum wir complementär gefärbte Nachbilder haben können, die ziemlich ebenso hell wie die objectiven Bilder erscheinen selbst bei geschlossenen Augen, ist durch die Theorie der Ermüdung nicht zu erklären; warum wir schwarz als positive Empfindung wohl zu unterscheiden vermögen von blosser Dunkelheit, ist nicht durch Ätherschwingungen zu erklären; der simultane Contrast, wie er namentlich bei farbigen Schatten hervortritt. ist nicht durch blosse Urtheilstäuschung zu begründen (Stilling. Hering). Warum wir wohl Blau mit Roth oder Grün zu Mischfarben verbinden können, aber niemals Blau mit Gelb; warum wir Roth mit Gelb oder Blau mischen können zu combinirten Empfindungen, aber nicht mit Grün; warum wir Gelb mit Roth oder Grün verbinden können, aber nicht mit Blau; warum wir Grün mit Gelb oder Blau verbinden können aber nicht mit Roth; mit anderen Worten, warum reines Blau, Gelb, Roth und Grün die einzigen reinen Farbenempfindungen sind, während alle Nuancen des Violett, Orange, Gelbgrün und Grünblau sich unmittelbar als combinirt der Empfindung bemerkbar machen? Über das Alles fehlt es diesen Theorien an jeglicher Möglichkeit einer Erklärung.

Wenn also die Wissenschaft in diesem Gebiet keineswegs frei ist von jeder Verlegenheit, und die philosophischen Denkweisen, auf welchen die erwähnten Theorieen ruhen, der empirische Idealismus, der transcendentale Realismus und Skepticismus schon einmal vor etwa 100 Jahren von Kant widerlegt und überwunden worden sind, was die wissenschaftliche Welt im Allgemeinen anerkennt, sollte da nicht vielleicht der Versuch zu machen sein, auch die Consequenzen dieser Denkweisen in der Physiologie mit Hülfe Kant's zu überwinden?

Der transcendentale Idealismus sagt allerdings, dass der letzte Grund der Empfindung wie des Bewusstseins transcendental sein und bleiben muss. Aber ebenso gewiss wie dies unabänderlich

*) Die physikalischen Axiome 1866. S. 92 Z. 14 v. o. und S. 101.

feststeht, ebenso gewiss ist uns auch das Dasein äusserer Dinge als Gegenstände der Wahrnehmung des äusseren Sinnes, ohne welche wir gar keine Erkenntnisse, keine Erfahrung, also auch nicht einmal Selbstbewusstsein haben würden. „Es bleibt immer ein Scandal der Philosophie und allgemeinen Menschenvernunft,“ sagt Kant, „das Dasein der Dinge ausser uns (von denen wir doch den ganzen Stoff zu Erkenntnissen selbst für unseren inneren Sinn her haben) blos auf Glauben annehmen zu müssen, und, wenn es Jemandem einfällt, es zu bezweifeln, ihm keinen genugthuenden Beweis entgegenstellen zu können“ (II S. 685). Der Beweis liegt eben darin, dass wir von uns selbst gar nichts wissen könnten, wenn wir nicht durch äussere Dinge zum Denken und Anschauen angeregt würden. Aber was heisst Dinge ausser uns? Ausserhalb unseres Körpers, unseres Auges, unserer Sehnerven allerdings ganz gewiss; aber ausserhalb des Raumes nicht. Und da nun der Raum unsere Anschauungsform ist, so giebt es allerdings viele Dinge im Raume, die ausserhalb unseres Körpers sind, aber nicht ausserhalb unserer Anschauungsform, d. h. unabhängig von unserem Erkenntnissvermögen. Von Dingen zu reden, die nicht von unseren Anschauungsformen, Zeit und Raum, abhängig wären, die nicht den Gesetzen der Mathematik unterworfen wären, die nicht durch unsere logischen Functionen erfasst und geordnet wären, — das könnte allenfalls eine leere Spielerei mit Worten sein, aber zu irgend einer realen Erkenntniss der wirklichen Dinge als Gegenstände im Raum könnte das niemals führen. Was sind also ihrem Wesen nach die Farben? Dinge an sich können es nicht sein, denn nach denen sind wir niemals berechtigt zu fragen; was sich nicht unserem Anschauungs- und Denkvermögen unterwerfen will, davon wissen wir nichts. Von der Farbe wissen wir aber, dass sie eine Eigenschaft der Körper ist, die durch unsere Empfindung bestimmt wird. Sie ist bald dauernd bald flüchtig, je nach den physikalischen Bedingungen, welche sie hervorrufen, aber ihr Verhältniss zu unserer Empfindung ist nicht anders als das aller anderen Eigenschaften der Körper. Man ist leichter überzeugt, dass die Farbe von unserer Empfindung abhängt, als die anderen Eigenschaften, vielleicht weil in der Farbenempfindung so häufig subjective Verschiedenheiten vorkommen; aber eine kurze Überlegung macht uns klar, dass die Härte, die Schwere, die Form, kurz alle empfindbaren Eigenschaften der Körper gerade ebenso von unserem Anschauungs- und Denkvermögen abhängen, wie die Farbe. Denn von Dingen, die nicht davon abhängen,

könnten wir überhaupt nicht reden. Demgemäss ist die Aufgabe der Physiologie, zu untersuchen, wie die physikalischen Bedingungen, welche die Farbe als Eigenschaft der Körper hervorrufen, im Auge wirken, d. h. ob sie in der Nervensubstanz vielleicht gewisse Bewegungen hervorrufen, welche parallel gehen mit unseren Empfindungen. Die Farbe ist allerdings nichts ohne unsere Empfindung, durch unsere Empfindung aber ist sie eine ganz reale Eigenschaft der gesehenen Dinge, deren physikalische Bedingungen an den Körpern nachzuweisen Sache der Physik ist, deren physische Bedingungen im Auge nachzuweisen, Sache der Physiologie ist. Auf der einen Seite ist das Verhalten der Körper zu den hypothetischen Ätherschwingungen als Ursache der Farbe zu betrachten, auf der anderen Seite das Verhalten des Sehnerven zu denselben Schwingungen. Denn wenn diese auch nur Hypothese sind, so ist es doch eine sehr nützliche Hypothese, die mit allen weiteren Erfahrungen sich vereinigen lässt, vorausgesetzt, dass man sie nicht mit dem Wesen der Farbe an sich verwechselt. Da nun die Empfindung der Farbe in uns ewig unvergleichbar mit physicalischen Bewegungen bleiben muss, so haben wir gar kein Interesse daran, die Fortsetzung von Ätherschwingungen in den Sehnerven zu verfolgen, sondern jede physikalische Bewegung, welche der Natur der Nerven entspricht, und parallelgehend mit der Empfindung gedacht werden kann, muss uns zur Erklärung genügen, selbst wenn sie eine ganz andere wäre, als die Ätherschwingungen.

Nun sind der Natur des Nerven angemessen chemische und elektrische Bewegungen; die Netzhaut ist ein für sich abgeschlossenes Ernährungsgebiet mit einer eigenen Blutquelle in der *arteria* und *vena centralis retinae*; wir wissen, dass jede Einwirkung auf sie, welche geeignet ist, ihre Ernährungsverhältnisse zu stören, Lichtempfindung veranlasst, z. B. Druck, Stoss, Zerrung, Blutandrang, Blutabsperrung durch Verschluss der Arterie, ebenso wie Lichteinfall auf dem normalen Wege. Ferner wissen wir, dass Ätherschwingungen chemische Veränderungen und elektrische Ströme in geeigneten Körpern hervorrufen: speciell von der Netzhaut und dem Sehnerven ist es durch Dewar und M'Kendrick (*Journ. of anatomy and phys. N. XII* S. 275—82) festgestellt, dass Lichteinfall auf die Retina bei Säugethieren und Fröschen elektrische Wirkung im Sehnerven erzeugt, welche so lange dauert, wie die Lichtwirkung; ist die Retina entfernt, so wirkt der Lichteinfall nicht mehr auf die elektrischen Ströme im Nerven. Ferner wissen wir, dass Ernährungsänderungen, chemische Processe im Ner-

ven, elektrische Wirkungen erzeugen, so dass schliesslich es nicht als Hypothese mehr aufgefasst werden kann, wenn wir annehmen, dass elektrische Wirkungen die Lichtempfindungen begleiten, sondern dass wir sogar sagen können: nach allen unseren Erfahrungen muss es nothwendig so sein; für die Annahme, dass Schwingungen im Nerven als Fortsetzung der Ätherschwingungen vor sich gingen, haben wir gar keinen anderen Grund als den einer metaphysischen Speculation.

Nun fragt es sich, ob unsere Empfindungen Eigenthümlichkeiten zeigen, welche einen Parallelismus derselben mit elektrischen Bewegungen anzunehmen gestatten. Bekannt ist seit Ritter und Purkinje, dass Ströme verschiedener Richtung in den Sehnerven geleitet, verschiedene Farben erzeugen; der aufsteigende Strom erzeugt, wenn er nicht gar zu stark ist, die Empfindung von Blau, der absteigende von röthlichem Gelb. Bei stärkeren Strömen fand Helmholtz, dass ein wildes Durcheinanderwogen von Farben entstand, in welchem er keine Regel zu entdecken vermochte. Daraus ergiebt sich, dass wir annehmen dürfen, dass verschiedene Farben von verschiedenen Stromrichtungen im Nerven begleitet sind, und damit gewinnen wir eine Übersicht über unsere Farbenempfindungen mit den unleugbaren polaren Gegensätzen zwischen den Complementärfarben, so einfach und überall zutreffend, wie wir sie niemals aus dem System der Schwingungszahlen erhalten können. Wir brauchen drei polare Gegensätze, um das System der Qualitäten unserer Licht- und Farbenempfindung darzustellen, ein Resultat, zu dem schon verschiedene Beobachter gekommen sind (Woinow, Stilling, Hochecker), d. i. Weiss und Schwarz, Blau und Gelb, Roth und Grün, und alle drei können wir recht gut als hervorgerufen durch elektrische Ströme verschiedener Richtung in den Netzhautelementen denken. Wollen wir eine anschauliche Vorstellung mit diesen Processen verbinden, so brauchen wir freilich eine Hypothese, aber keine, die nicht im Zusammenhang stände mit allen übrigen Erfahrungen, die nicht vielleicht auch einmal bewiesen werden könnte. Ein Nervenelement nämlich, welches drei polare Gegensätze in sich vereinigte, müsste kugelförmig sein, und elektrische Bewegungen nach den Richtungen der drei Hauptachsen ermöglichen. Kuglige Elemente aber sind die inneren Körner in der Netzhaut, die wir schon oben als Hemmungsapparate in Anspruch nahmen. Jetzt machen wir die Hypothese, dass in ihnen elektrische Stromschwankungen in der Richtung der drei Hauptachsen vorkommen, entsprechend den Gegen-

sätzen von Weiss und Schwarz, Blau und Gelb, Roth und Grün. Es hat das vorläufig nur den Zweck, die Berechtigung nachzuweisen, dass wir, ohne in Widerspruch mit anderen Thatsachen zu kommen, volle Freiheit haben, das System unserer Farbenempfindungen dem Princip einer Windrose, als einem System entgegengesetzter Richtungen, entsprechend zu construiren. Dies Princip würde seine Berechtigung behalten, auch wenn man einmal anstatt der inneren Körner andere Netzhautelemente dafür annehmen müsste.

Wir beurtheilen die Farben nach ihrem Ton, d. i. der reinen Qualität, nach ihrer Intensität und ihrem Sättigungsgrade oder ihrer Mischung mit Weiss oder Schwarz. Die Farbentafeln, die man seit Newton entworfen hat, berücksichtigen ausser der blossen Qualität auch meistens die Intensität zugleich, wodurch man die Sache sich wenigstens nicht erleichtert hat. Man kann aber sehr wohl von der Intensität abstrahiren, und einen Maassstab der Eintheilung allein in der Qualität finden, wobei man sich dann nicht an die Schwingungszahlen des Äthers, sondern nur an die Empfindungen selbst zu halten hat. Wir können unzweifelhaft unmittelbar durch die Empfindung entscheiden, ob wir ganz reine Farben oder Mischfarben sehen, und finden sogar, dass die reinsten Farbenempfindungen im Sonnenspectrum gar nicht repräsentirt sind, wenigstens nicht das reinste Roth und das reinste Grün, die wir erst durch Ermüdung für die Complementärfarben in uns erzeugen.

Nehmen wir entsprechend den 3 Hauptachsen einer Kugel für die eine Richtung den Gegensatz von Blau und Gelb, für die zweite Roth und Grün, für die dritte Schwarz und Weiss, und lassen jede einzelne Farbenempfindung einer elektrischen Bewegung in der bezeichneten Richtung entsprechen, so haben wir nicht nur die Complementärfarben einander gegenübergestellt, sondern auch ausgesprochen, dass dieselben nicht sich zu Weiss zusammensetzen, ein Ausdruck, der unserer Empfindung gar nicht entspricht, sondern als entgegengesetzte Bewegungen einander aufheben, sich gewissermaassen in einer farblosen Lichtempfindung neutralisiren. Damit ist der Ausdruck der Newton'schen Farbentheorie umgestaltet, der seiner Zeit das Hauptmotiv für den leidenschaftlichen Widerspruch Goethe's bildete, dass nämlich das Weisse zusammengesetzt sein solle durch Farben. Allerdings lässt sich physikalisch die Sache so darstellen, aber unsere Empfindung verlangt dennoch eine andere Ausdrucksweise; denn was wirklich in der Empfindung vorkommt, das muss in Beziehung zu einem möglichen Be-



wusstsein stehen, und daher können wir keine Farbenempfindung als gemischt anerkennen, deren Bestandtheile wir nicht im Bewusstsein, wenn wir die Aufmerksamkeit darauf richten, wieder zu erkennen vermögen. Kein Mensch aber wird jemals im Weiss oder Grau alle anderen Farben wiedererkennen. Dagegen sagt uns die Empfindung, dass im Violett blaue und rothe Bestandtheile mit einander gemischt sind, ja wir können zwischen Purpurroth und dem reinsten Blau eine continuirliche Reihe von Farben herstellen, die aus beiden gemischt sind, so dass wir ganz bestimmt beim Vergleich angeben können, welcher der beiden Bestandtheile jedesmal überwiegt. Ebenso wissen wir durch die Empfindung, dass Orange eine Mischfarbe ist, wie Blaugrün und Grüngelb. Im Grünen haben zwar viele Forscher (Goethe, Purkinje, Brewster) Gelb und Blau mitempfinden wollen, aber die Erfahrung der Mischung von Farbstoffen kann sie getäuscht haben, deren ungenügende Beweiskraft Helmholtz dargethan hat. Ein Künstler wie Leonardo da Vinci, der Grün zu den einfachen Farben gerechnet hat, dürfte in diesem Fall eine bessere Autorität sein als wissenschaftliche Forscher. Hat man die Farbentafel aber ähnlich einer Windrose mit den angegebenen Hauptrichtungen entworfen, so ergeben sich alle Mischfarben als Combinationen verschiedener Bewegungsrichtungen nach dem Princip des Parallelogramm der

Kräfte als Diagonalen, indem man auch die Quantität eines Farbenbestandtheils in einer Mischfarbe durch die Länge des betreffenden Stückes der Richtungslinie bezeichnen kann. Jede Farbe aber findet ihre Complementärfarbe in der Verlängerung der ihr selbst entsprechenden Richtung. Man hat nur die Bewegung gerade entgegengesetzt zu denken. Nach diesem Princip, wonach Mischfarben Combinationen von Kräften sind, ist es auch begreiflich, dass Grundfarben, die die Empfindung für einfach erklärt, dennoch aus Mischfarben gemischt werden können. Denn wenn z. B. Violett und Orange sich mischen, so wird sich Blau, als Bestandtheil vom Violett, mit Gelb, als Bestandtheil des Orange, neutralisiren, weil sie complementär sind, und zurückbleibt allein das reine Roth, welches Bestandtheil von beiden Mischfarben war. Ebenso kann man aus Blaugrün und Violett ein reines Blau mischen, indem sich die grünen und rothen Antheile der Mischfarben aufheben u. s. w.

Sind elektrische Bewegungen die Ursache der Licht- und Farbenempfindung, so ist nicht nur begreiflich, dass der regelmässige Chemismus des Stoffwechsels in der Retina das sogen. Eigenlicht derselben erzeugt, sondern auch das Streben der Retina, sich nach einer Reizung wieder zur Totalität herzustellen, d. h. das Wesen der subjectiven Complementärfarbenerscheinungen ist erklärlich, weil die Bewegung nach einer Richtung leicht die entgegengesetzte in der Nachbarschaft hervorrufen muss (simultaner Contrast), und auch die Gegenströmung auf derselben Stelle der Reizung hervorrufen kann, nachdem die Reizung aufgehört hat (successiver Contrast). Es ist wenigstens die Möglichkeit einer secundären Erregung subjectiver Farben in der Retina nachgewiesen durch die Einwirkung lange dauernder oder sehr intensiver Farbeneindrücke, welches um so mehr ein thoretisches Bedürfniss genannt werden kann, als die Erklärung der Nachbilder allein durch Ermüdung einiger farbenempfindenden Fasern nicht für alle Beobachtungen ausreicht (Aubert, Wundt, Hering); ebenso wenig wie eine blosse Urtheilstäuschung ausreicht, den simultanen Contrast zu erklären (Stilling, Hering), da wir von Farben überhaupt nur durch Empfindung etwas erfahren können.

Es scheint mir auch ganz allein auf unserem Wege der Grund einzusehen, warum die Farben, welche bei der Mischung auf der Maxwell'schen Scheibe oder beim Zusammenfallen zweier Spectra Weiss oder Weissgrau ergeben, identisch sein müssen mit denjenigen, die subjectiv im Auge hervorgerufen werden, wenn die

complementäre Farbe vorher dauernd eingewirkt hat. Allerdings können bei allen Versuchen mit Nachbildern Nebenumstände mitwirken, die das Resultat nicht immer ganz rein erscheinen lassen. Es ist ein Unterschied, ob man die Nachbilder auf einen grauen oder schwachfarbigen Hintergrund projicirt, und ob man sie bei geschlossenen Augen betrachtet; und wieder kann das rothe Licht, welches noch durch die geschlossenen Lider dringt, wenn man dieselben nicht gegen das Tageslicht sorgfältig verdeckt, das Nachbild bedeutend modificiren, auch ist die Dauer und Intensität des primären Eindrucks, sowie die Erregbarkeit des Auges stets von grossem Einfluss. Aber mit Berücksichtigung aller Nebenumstände wird man sich, wie ich glaube, stets von der Richtigkeit der aufgestellten Farbentafel hinsichtlich der Complementärfarben überzeugen können. Schon bei etwas länger dauerndem Fixiren eines einfachen farbigen Feldes pflegt dasselbe in's Graue abzublassen durch das subjective Auftreten eines complementären Nachbildes. Das schlagendste Beispiel für die Wirklichkeit einer subjectiven Erregung in der Nachbarschaft einer durch starken Farbeneindruck gereizten Retinastelle erhielt ich, als ich zu einem ganz anderen Zwecke das Bild der Sonne durch ein dunkelrothes Glas auf die innersten peripherischen Theile meiner Netzhaut fallen liess, um nämlich deren Empfindlichkeit gegen sehr intensives Roth zu prüfen. In der Mitte meines Sehfeldes erschien sehr bald auf einer schattigen farblosen Wand ein leuchtendes Meergrün, genau complementär zu dem Roth des Glases, welches letztere bei diesem Versuch auch sehr deutlich auf den peripherischen Theilen empfunden wurde.

Die Empfindlichkeit der Netzhaut gegen verschiedene Farbeneindrücke fällt nun zusammen mit der Durchgängigkeit der entsprechenden Nervenelemente für elektrische Ströme nach der Richtung der Hauptachsen. Nächst der schwarz-weissen Achse ist es die blau-gelbe, die bei der unendlichen Mehrzahl der Menschen am leichtesten erregt wird; weniger leicht die grün-rothe. Ganz ausnahmsweise scheint es vorzukommen, dass nur die grün-rothe erregbar ist, und nicht die blau-gelbe (Stilling). Dass die grün-rothe schwerer erregbar oder durchgängig ist, geht daraus hervor, dass wir bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung nur in den mittleren Partien der Retina, der Gegend, auf welche alle Strahlen verhältnissmässig steiler einfallen, Roth und Grün empfinden, dass Blau und Gelb auch in der Dämmerung länger und leichter erkannt werden, dass bei beginnender Atrophie der Sehnerven Grün und

Roth sich eher verliert als Blau und Gelb (Schirmer, Leber), dass endlich sehr viele übrigens ganz gesunde Menschen gar keine oder sehr schwache Grün- und Rothempfindung haben; denn darauf lässt sich die bei weitem grösste Zahl der Farbenblindheiten zurückführen. Besonders Hochecker hat durch die Analyse seines eigenen mangelhaften Farbensinnes zu dieser Erkenntniss beigetragen. Ferner stimmt damit überein, dass bei toxischer Reizung der Sehnerven durch Santoningenuss, die hellen Dinge gelblicher. die Schatten aber bläulich oder violett erscheinen; ferner dass schwache Inductionströme im Sehnerven bald Blau bald dunkles Gelb hervorrufen, und dass Gelb und Blau diejenigen Farben sind, in denen wir die feinsten Unterschiede gewahr werden. Die Unfähigkeit, Grün und Roth zu sehen, würde sich nun nicht durch Fehlen einiger Nervenfasern, sondern durch eine etwas festere, schwerer oder garnicht leitende Structur der betreffenden Netzhautelemente in der Richtung der einen Achse erklären lassen.

Aber über der Erklärung der Ursachen der Farbenempfindung hat die Physiologie, so viel ich weiss, bis heute ihre Aufmerksamkeit noch garnicht auf die eigentliche Bedeutung der Farben- und Lichtunterschiede im Sehacte gerichtet. Man hat zwar eine Fülle von theoretischen Vermuthungen aufgestellt, wie wir mit Hülfe des Licht- und Farbensinnes zu räumlichen Anschauungen kommen, aber man scheint den wahren Zusammenhang bisjetzt noch nirgends getroffen zu haben. Man hat die Untersuchung meistens damit angefangen, erklären zu wollen, wie wir überhaupt zur F ä h i g k e i t von Raumanschauungen kommen, ohne zu bedenken, dass diese selbst nicht aus unseren Organen abgeleitet werden kann, weil sie *a priori* ist. Wir brauchen aber garnichts weiter als diese Fähigkeit, unsere Eindrücke räumlich nebeneinander ordnen zu können, und qualitative Unterschiede der Lichtempfindung, wie sie durch die Abstufungen von Weiss, Schwarz und allen Farben gegeben werden. Denn alle Formen und Conturen, die unsere Gesichtsobjecte voneinander trennen und gestalten, sind in der Empfindung bedingt durch Farben- und Lichtunterschiede. Fassen wir sie im Raum auf, d. h. neben-, in-, hinter- und ausser-einander, so ist unser Gesichtsfeld mit Formen und Grenzen aller Art zwischen qualitativ verschiedenen Lichteindrücken erfüllt. Wir brauchen keine Netzhautstellen, die ihre eigene Lage kennen, keine angeborenen Sehrichtungen, keine unbewussten Rechnungen, keine Projection der Netzhautbilder, keine Localzeichen und keine Muskelgefühle, um das zu erreichen, dass unser ganzes Sehfeld mit

Bildern angefüllt aufgefasst wird. Nehmen wir noch unsere Fähigkeit, Grössenurtheile zu fällen, hinzu, die wir oben auseinandergesetzt haben, so haben wir bereits einen ganz beträchtlichen Theil dessen erklärt, was wir die Elemente des Sehactes nennen, nämlich das mathematische Sehen, welches die Qualität und Quantität der gesehenen Bilder umfasst, vorläufig freilich noch ohne die Bedeutung der Bilder für die Erkenntniss der Gegenstände zu erläutern.

In dieser höchst einfachen Auflösung des Räthsels, wie die ersten Elemente der Raumanschauung durch den Gesichtssinn zu Stande kommen, ist durchaus keine Hypothese und keine gewagte Voraussetzung ausgesprochen, sondern nichts anderes als die Consequenz der Kantischen Lehre, dass der Raum unsere Anschauungsform *a priori* ist, und die Eindrücke der Sinne durch Kategorien erfasst und geordnet werden müssen. Will man an diesen Grundlagen zweifeln, so gebe man uns eine bessere und festere Theorie, frei von unwahrscheinlichen Hypothesen, dann wollen wir sehr gern folgen. Vorläufig finden wir, dass wir auf der Kantischen Grundlage weiter kommen und fester bauen können, als auf irgend einer anderen.

Wenn wir schon oben sahen, wie ausserordentlich empfindlich wir in der Wahrnehmung gegen die mathematischen Verhältnisse rücksichtlich der Grössenunterschiede der Bilder sind, so haben wir hier noch zu zeigen, wie fein unsere Urtheile über die geringsten Unregelmässigkeiten in der Form der Bilder sind, wenn z. B. die Netzhaut durch partielle Erhebungen oder Anschwellungen ihre Eigenschaft, ein ebener auffangender Schirm im Hintergrund einer *camera obscura* zu sein, eingebüsst hat. Schon im normalen Auge finden wir, dass sehr feine Parallellinien geschlängelt und wie mit regelmässigen Ausbuchtungen besetzt erscheinen, was ich nur auf die Unregelmässigkeit ihres Netzhautbildes beziehen kann, bedingt durch die Unebenheiten, die durch die Einpflanzung der Stäbchen und Zapfen in's Pigment der Chorioidea entstehen. Ferner ist bei einigen Menschen die Anschwellung der Netzhaut am Rande des Sehnerven so bedeutend, dass horizontale Parallellinien gegen den blinden Fleck hin ein wenig auseinander zu weichen scheinen. In höherem Maasse beobachtet man dasselbe bei pathologischen Anschwellungen in der Umgebung der Papille. Ganz auffallend ist die Metamorphopsie in anderen Gegenden des Sehfeldes, besonders wenn sie von Anschwellungen in der *macula lutea* oder ihrer Nähe bedingt wird. Die allgemein angenommene Erklärung

der Erscheinung durch Ausdehnen und Zusammenziehen der Netzhaut oder Hin- und Herrücken der Retinaelemente, die sich in ihrer neuen Lage jedes Mal noch ihrer früheren Functionen erinnern sollen (Förster, Kaiser), ist mir unverständlich geblieben.

Aber das mathematische Sehen, das wir bisher erörtert haben, ist noch nicht das, was wir im gewöhnlichen Leben Sehen oder Erkennen von Gegenständen durch den Gesichtssinn nennen. Hierfür ist es nur die nothwendige Vorbedingung. Um Gegenstände richtig und vollständig zu erkennen, und von täuschendem Schein und Blendwerk zu unterscheiden, dazu brauchen wir alle Urtheilskräfte, die uns Kant unter dem Namen der Kategorien nachgewiesen hat. Zu den beiden Arten der mathematischen treten nun noch die dynamischen der Relation und Modalität hinzu, durch welche allein es uns gelingen kann, eine vollständige Theorie der Elemente des Sehactes zu Stande zu bringen. Die Bedeutung der gesehenen Bilder, deren Form und Farbe wir bisher nur auffassten, für die wirkliche Welt im Raume ausser uns kann erst durch ihre Beziehung aufeinander und auf unseren eigenen Körper klar werden, also durch Anwendung der Kategorien der Relation: Substanz, Ursache, Wirkung, Wechselwirkung (nach Krause).

Selbst die allereinfachste Empfindung benennen wir nicht allein mit der Qualität; wir sagen nicht: ich empfinde grün, sondern etwas Grünes, nicht hell, sondern etwas Helles oder einen hellen Schein u. s. w. Mit anderen Worten: ohne die Empfindung auf einen Gegenstand zu beziehen, werden wir uns der Empfindung überhaupt nicht bewusst, wenn auch die Substanz des Gegenstandes erst später genau erkannt werden kann. Wir müssen jeder Licht- und Farbenempfindung irgend Etwas unterlegen als Grundlage, das bedeutet die Kategorie der Substanz in ihrer Anwendung auf den Gesichtssinn. Denken wir aber den Gegenstand der Gesichtsempfindung als Ursache, so sagen wir: er leuchtet, und denken wir die Wirkung vom Leuchtact, so ist es das beleuchtet oder im Schatten sein. Die Wechselwirkung leuchtender Dinge aber bewirkt das, was wir Glanz nennen. Wundt hat besonders klar auseinandergesetzt, dass der Glanz eine unvollkommene Spiegelung eines Gegenstandes in einem anderen ist, wobei uns entweder das Spiegelbild hindert, den Gegenstand deutlich zu erkennen, oder der Gegenstand, das Spiegelbild klar zu erfassen.

Um aber die Beziehungen der bis dahin mathematisch aufgefassten Bilder auf die Verhältnisse der Gegenstände in Zeit und Raum anzuwenden, dazu bedarf es zwei Bedingungen, die in un-

serer physischen Organisation angelegt sind, nämlich eines festen Punctes im Sehfeld, der als Ausgangspunct der Orientirung dienen kann, und der Möglichkeit, das Auge zu bewegen. Will man auf einer Landkarte sich so orientiren, dass man anderen gegenüber auch in klaren Begriffen darüber reden kann, so muss man einen Punct zum Ausgangspunct der Orientirung machen, damit man die Richtung aller anderen danach bestimmen kann. Gerade so ist es mit unserem Sehfeld. Einen Punct in der Mitte sämmtlicher Bilder, die dasselbe erfüllen, müssen wir zum Ausgangspunct aller Urtheile über die Lage der anderen Puncte wählen. Dieser Punct ist durch die prävalirende Sehschärfe der *macula lutea* und *fovea centralis* prädestinirt, so dass wir unter normalen Verhältnissen immer die Stelle des deutlichsten Sehens zum Ausgangspunct der Orientirung machen. Ausserdem ist uns im Muskelapparat des Auges ein Mittel gegeben, um die Bewegung oder Ruhe des eigenen Organes zu fühlen und den Effect derselben an den Gesichtsobjecten zu controliren. Wir streben, einen Gegenstand, dessen mathematisches Bild wir erfasst haben, in seinen Beziehungen nach allen Richtungen zu erkennen. Die erste Folge davon ist, dass wir sein Bild mit der Stelle des deutlichsten Sehens auffangen, und die Bewegung, die dazu nöthig ist, nennen wir Fixation. Das Bild des Gegenstandes ändert dabei sein räumliches Verhältniss im Sehfeld, aber wir fühlen auch, dass wir das Auge bewegen, oder wenigstens von unserem Streben wissen wir, die Stelle des deutlichsten Sehens auf den Gegenstand zu richten. Wenn nun die Fixationsbewegung bei häufiger Wiederholung uns zeigt, dass der Gegenstand jedes Mal wieder das erste Raumverhältniss inne hält, so oft er fixirt wird, so ist der Schluss unabweislich, dass er trotz seiner Veränderungen im subjectiven Sehfeld im Verhältniss zu unserem Körper und Auge ruhig geblieben ist.

Dass in der That die Fixation die erste Bewegung ist, welche durch die Anwendung der Kategorien der Relation hervorgerufen wird, kann durch die mannigfachsten Experimente bestätigt werden, welche beweisen, dass durch die Fixation Bewegungen der Objecte von ihrer Ruhe unterschieden werden. Alle passiven Bewegungen des Auges, durch Ziehen, Zerren, Drücken, Stossen an der Conjunctiva oder den Lidern, sowie Pendelschwingungen durch rasches Umdrehen unseres Körpers um die eigene Achse, lassen die Objecte in scheinbarer Bewegung erscheinen, während alle Augenbewegungen, die wir durch ein Streben zur Fixation mittelst der Muskeln hervorrufen, die Objecte in Ruhe im Verhältniss zu

unserem Körper erscheinen lassen. Nachbilder dagegen und subjective Licht- oder Schattenerscheinungen verhalten sich gerade umgekehrt wie die wirklichen Objecte, weil sie ihre Stelle im subjectiven Sehfeld nicht ändern können. Also wenn wir das Auge in normaler Weise über ruhende Objecte bewegen, so bewegen sich die subjectiven Lichterscheinungen und Nachbilder mit dem Auge über die ruhenden Objecte hin; bewegen wir dagegen das Auge passiv durch einen Druck oder Zug mit den Fingern, so bleiben die Nachbilder in Ruhe, und die Gegenstände machen Scheinbewegungen, weil jene ihren Ort im subjectiven Sehfeld unverändert beibehalten, diese aber wechseln.

Bewegung ist nach Kant Veränderung im Verhältniss eines Körpers zu einem bestimmten Raum, daher kann jede Bewegung beliebig als die Bewegung eines Körpers im Raum oder als die Bewegung desselben Raumes gegen den Körper in entgegengesetzter Richtung aufgefasst werden. Durch diese Betrachtung allein wird uns der Einfluss der Augenbewegungen auf die Gesichtswahrnehmungen klar. Mit der Augenbewegung zugleich ändert sich jedes Mal der Raum, welcher von demselben Auge aus mathematisch übersehen werden kann, das ist das subjective Sehfeld desselben Auges. Ist diese Veränderung aller Objecte im subjectiven Sehfeld von unserem Streben begleitet, einen Gegenstand deutlich zu sehen, so wissen wir von der Bewegung unseres Organes, und können die Gegenstände trotz ihrer Veränderung doch als ruhend erkennen. Haben wir jenes Streben aber nicht, so erwarten wir auch nicht, dass die Bewegung der Gegenstände im Sehfeld ihrer wirklichen Ruhe entspreche, sondern dann treten eben Scheinbewegungen der ruhenden Gegenstände auf.

Dieselben Scheinbewegungen der Objecte treten auch auf, wenn unsere Innervation der Muskeln gestört ist, sei es, dass sie krankhaft gesteigert ist wie bei der Seekrankheit und ähnlichen Schwindelerscheinungen, sei es, dass die Muskeln gelähmt sind, und die stärksten Innervationsimpulse keine oder ungenügende Bewegung nach Seiten des gelähmten Muskels hervorbringen.

Nur wenn wir das volle Gefühl der eigenen Ruhe im Organ und ganzen Körper haben, können wir eine Bewegung der Gegenstände im Sehfeld richtig beurtheilen, weil wir nur dann die Veränderung der Gegenstände im Verhältniss zu unserem Sehfeld genau abmessen können. Wenn wir uns trotz des Gefühls der Ruhe doch unmerklich bewegen, wie z. B. beim langsamen Fahren auf Eisenbahnen oder Schiffen, so sehen wir wieder Scheinbe-

wegungen an gegenüberliegenden Gegenständen, welche keine Verstandeseinsicht aufhebt, bis wir nicht eine Anschauung oder ein Gefühl von eigener Bewegung gewonnen haben. Es ist also immer das Verhältniss der Gegenstände zu dem Raum, den wir mathematisch übersehen können, welches wir als Ruhe oder Bewegung der Gegenstände beurtheilen, je nachdem wir von unserer eigenen Bewegung dabei ein Innervationsgefühl haben oder nicht.

Die Erklärung der Doppelbilder ist nun nicht mehr schwierig, sobald wir wissen, dass die Gegenstände, die wir sehen, nicht in einem absoluten, sondern in einem von uns abhängigen Raum liegen, welcher für jeden Gegenstand durch dessen Verhältniss zu demjenigen Auge, durch welches er gesehen wird, bestimmt ist. Nicht die Identität der Netzhautstellen erklärt die Doppelbilder, sondern vielmehr die Nichtidentität der subjectiven Sehfelder beider Augen.

Die Identitätstheorie setzt voraus, dass wir deswegen einige Dinge doppelt sehen, weil ihre Bilder auf nicht identische Netzhautstellen in beiden Augen fallen; für sie sind also die Netzhautstellen Subject in der Wahrnehmung, und die Raumverhältnisse der gesehenen Gegenstände vollkommen abhängig von Form und Eigenschaften der Netzhaut allein. Der mathematische Ausdruck für alle Erfahrungen, die sich experimentell an gesunden Augen anstellen lassen über diese Frage, ist in Uebereinstimmung mit der Theorie, mit Ausnahme jener Fälle, welche die Augenärzte an Schielenden beobachtet haben, und welche einen grossen Einfluss von Übung und Gewohnheit auf die Stellung der Doppelbilder nachweisen. Abgesehen von diesen einzelnen Schwierigkeiten, die sich vielleicht durch ein freundschaftliches Compromiss mit der Projectionstheorie mit Hülfe von Hypothesen über Übung und Gewohnheit heben liessen, muss es uns im höchsten Grade unbefriedigt lassen, dass die Identitätstheorie garnicht einmal den Anspruch zu erheben wagt, die Wahrnehmung wirklicher Dinge im wirklichen Raume zu erklären, sondern nur die Sehdinge und den Sehraum, die davon gänzlich verschieden sind.

Die Projectionstheorie ist dagegen sogar mathematisch falsch, da sie behauptet, dass die Doppelbilder stets in falscher Entfernung gesehen würden, was doch schon von den Vertretern der Identitätstheorie widerlegt ist. Wie sie logisch aber das Sehen durch Projection der Netzhautbilder erklären will, ist mir ein Räthsel geblieben, da der Gegenstand der Wahrnehmung doch nicht die Netzhautbilder, sondern eben die Gegenstände sind, welche

die Netzhautbilder in's Auge geworfen haben. Projiciren bleibt immer ein mathematischer Begriff, welcher wohl die Form aber nicht das Wesen einer Sache bezeichnen kann.

Denkt man aber über alle Schwierigkeiten sich hinauszuhelfen durch einen Recurs auf Übung und Gewohnheit, so hat man im Grunde garnichts erklärt, denn das wollten wir gerade erfahren, aus welchen Gründen und nach welchen Regeln Übung und Gewohnheit zu Stande kommen können.

Es bleibt eben gar kein anderer Weg übrig, als auf Kant zuzückzugehen, und anzuerkennen, dass der Sehraum und der wirkliche Raum vollständig identisch sind. Von einem anderen Raum zu reden als demjenigen, welcher die Form unserer Anschauungen ist, ist nichts als leeres Hirngespinnst. Derselbe ist freilich nicht ein Product oder Appendix der Retina, und ebensowenig unabhängig von uns als absoluter Raum zu denken, sondern es ist immer unser Raum, Form unserer Anschauungen, also in einem bestimmten Verhältniss zu unserem Standpunct, und sogar zu dem Standpunct jedes Auges, jedes Organs, durch welches wir sehen und wahrnehmen. Also ist das subjective Sehfeld der Inbegriff aller Dinge, die wir von dem Standpunct eines Auges aus mathematisch übersehen können, nicht aber ein Sehraum, der unbeweglich mit dem Auge verbunden wäre, wie das subjective Sehfeld von Wundt und Helmholtz, oder die Projectionssphären Nagel's und die reciproken Netzhäute von Hasner's. Letztere sind sämmtlich nur mathematische Begriffe, die nicht den Namen Sehfeld verdienen, weil sie nicht Felder sind, die gesehen werden, sondern als Theile des Organes zur Hülfe hinzuconstruirt worden sind, um den Anforderungen des empirischen Idealismus Genüge zu thun, der aber das Wahrnehmen wirklicher Dinge niemals erklären kann. Mit jeder Augenbewegung ändert sich der Inhalt des subjectiven Sehfeldes, wodurch also dieses jedes Mal eine andere Form erhält. Denn die Form des Sehfeldes ist nicht mehr die transcendentale Form aller Anschauungen, die wir nur als Anlage in uns voraussetzen müssen, sondern die empirische Form, die durch das räumliche Verhältniss unseres Auges zu den Gesichtsobjecten bedingt wird, und jede empirische Form wird von ihrem Inhalt bestimmt. Aber niemals können die Sehfelder beider Augen vollständig zusammenfallen, denn selbst beim Blick in die grösste Ferne, z. B. an den gestirnten Himmel hinauf, gehört zum Sehfeld des einen Auges ein Bild von einem Theil unserer Nase, welchem im Sehfeld des andern Auges ein ganz anderes Bild der Nase entspricht.

So lange wir nun allein mit Hülfe der mathematischen Kategorien sehen, d. h. uns garnicht um die Beziehungen der Gegenstände untereinander, um ihre Bedeutung in der wirklichen Welt, um ihre Richtung und Entfernung in Beziehung auf unseren Standpunct, bekümmern, so lange entstehen aus dieser Ungleichheit der beiden Sehfelder keine Conflicte in der Wahrnehmung, aber sobald wir die Beziehungen mit beurtheilen und in Folge dessen die Fixationsbewegung gelernt haben, dann giebt diese Ungleichheit der Sehfelder Veranlassung, dass in einigen Gegenden, wo die beiden ungleichen Sehfelder aufeinander fallen, einfache Dinge doppelt erscheinen, weil sie in jedem Sehfeld ein anderes oder gar entgegengesetztes Raumverhältniss zum Fixirpunct haben, von welchem eben alle Orientirung ausgeht. Das entgegengesetzte Verhältniss besteht innerhalb des sogen. parallaktischen Winkels, den die Sehachsen mit einander bilden, weshalb dort auch die Doppelbilder am leichtesten zu beobachten sind.

Die Doppelbilder also sind in ihrem Abstand von einander mathematisch bestimmt nach dem Schema, welches die Identitätstheorie aufgestellt hat, nicht aber nach der Projectionstheorie, da wir nie beweisen können, dass sie in erheblich falscher Entfernung gesehen werden. Auch in falscher Richtung werden sie nicht gesehen, denn diese ist für den Standpunct jedes Auges angemessen.

Also zwei Objecte sind es, die nicht in falscher Richtung und nicht in falscher Entfernung gesehen werden, und dennoch nur eins. Für denjenigen, der einen absoluten Raum annimmt, ist die Sache vollkommen unerklärlich, und dass man die Doppelbilder zu Trugbildern und Halbbildern macht, bessert nichts an der Sache, denn es kommen ihnen alle die Merkmale, welche die wirklichen Gegenstände als solche uns erkennbar machen, zu; der tastende Finger trifft die Doppelbilder gerade so gut wie die einfachen, nur dass er sich selbst dabei verdoppelt; Licht, Farbe, Form, Inhalt, Härte, Festigkeit, kurz Gegenständlichkeit für unseren Gesichtssinn, kommt den Doppelbildern ebensowohl zu wie den einfachen; betrügen thut sich allein der Verstand, so lange er nicht berücksichtigt, dass wir durch zwei Augen sehen, und nicht durch eins oder ein Doppelauge. Zur Erklärung ist nur der eine Weg möglich, nämlich einzusehen, dass der empirische Raum einzig durch die Sinne wahrgenommen wird und die wirklichen Dinge ebenso; dass mithin weder Raum noch Gegenstände absolut und an sich etwas sind, sondern nur durch unsere Empfindung

und Wahrnehmung. Dann sind die Doppelbilder erklärt durch den Conflict zwischen den subjectiven Bedingungen zur Wahrnehmung und der objectiven Beurtheilung der Gegenstände. Verwechselt man die subjectiven Bedingungen mit dem Object der Wahrnehmung, so betrügt man sich und sieht zwei Gegenstände anstatt eines; vermeidet man jene Verwechslung, so unterdrückt man die Doppelbilder zu Gunsten der Wahrnehmung eines Gegenstandes.

Wendet man diese Principien auf das Verhalten beider Augen zu einander beim Schielen an, so findet man, dass drei verschiedene Arten, die Thätigkeit beider Augen zu combiniren, möglich sind. Die vierte Art des Verhaltens würde die sein, dass sich die Thätigkeit beider Organe überhaupt nicht combinirt, was man mit Sicherheit nur da behaupten kann, wo das schielende Auge blind ist. Ist das schielende Auge aber nicht erblindet, sondern höchstens stumpfer in Hinsicht der Sehschärfe, so verzichtet es im ersten Fall auf die Fixation, und der Patient beschränkt sich damit auf das mathematische Sehen ohne Erkennen der Gegenstände vermittelst dieses Auges. Es scheint, dass die Fähigkeit zu fixiren völlig verlernt werden kann, wie sie auch nur erlernt wird, obwohl unter Anleitung der Stelle des deutlichsten Sehens. Mit der Fixation verliert sich die Accommodation, als gewohnheitsmässig mit ihr associirte Bewegung, und beide können nach der Operation wieder durch Übung gekräftigt werden; darauf scheint die Verbesserung der Sehschärfe in solchen Fällen zu beruhen, schwerlich auf Zunahme der Sensibilität der Retina. So ist es also erklärlich, dass, wie schon A. v. Gräfe bemerkt hat, das schielende Auge zur Vermehrung der Helligkeit des gesammten Gesichtsfeldes und zur Erweiterung desselben nach seiner Seite beiträgt, aber doch keine Doppelbilder auftreten, weil es auf das Erkennen der Gegenstände durch Fixation verzichtet hat.

Im zweiten Fall ist die Sehschärfe beider Augen ziemlich gleich und es schielt abwechselnd bald das eine, während das andere fixirt, bald das andere, während das erste fixirt. Dann werden die Doppelbilder durch Vernachlässigung des Eindrucks auf einer Netzhaut oder wenigstens einem Theil der Netzhaut des einen Auges unterdrückt, ähnlich wie wir uns gewöhnen zu mikroskopiren und ophthalmoskopiren mit einem Auge, ohne das andere dabei zu schliessen. Solche Fälle sind meist von frühester Jugend an, früher als die erste Art von Fällen, ausgebildet, und bei ihnen verliert sich auf keinem Auge die Fähigkeit zu fixiren und zu accommodiren, aber sie sind auch niemals ganz durch die Opera-

tion herzustellen, weil das Bedürfniss zu gemeinsamer Fixation fehlt und gar nicht zu erwecken ist.

Die dritte Art ist charakterisirt durch Betheiligung beider Augen an der gemeinsamen Fixation, aber so, dass auf dem einen ein anderer Netzhautpunct zum Ausgang der Orientirung gewählt ist, ein seltener Ausnahmefall, der nur unter ganz ungewöhnlichen Stellungsanomalien der Augen vorkommen kann, jedoch die Ursache für die Beobachtungen der sogen. Incongruenz der Netzhäute oder anomalen Projection der Netzhautbilder darstellt. In Betreff weiterer Erläuterung dieser Fälle verweise ich auf meine „Physiologie des Gesichtssinnes“.

Ist nun so die Fixation diejenige Bewegung, welche das Streben nach Erkennen der Gegenstände gemäss ihren Beziehungen zu einander und zu uns begleitet, so ist nun auch die umgekehrte Lage der Netzhautbilder im Verhältniss zu den Gegenständen nicht mehr ein Problem, welches der Aufklärung seines Zusammenhanges mit unseren Wahrnehmungen wartet, sondern nur eine nothwendige mathematische Bedingung, ohne welche keine Harmonie zwischen Gesichts- und Tastempfindungen denkbar wäre. Diese wird eben nur dadurch erhalten, dass die Fixation die Sehachse nach derselben Richtung zu wenden hat, nach welcher auch unsere tastenden Hände greifen würden.

Die Functionen der Modalität (Wirklichkeit, Möglichkeit, Zufälligkeit, Nothwendigkeit) haben das Eigenthümliche, dass sie an dem Inhalt der Wahrnehmung nichts Wesentliches verändern. Sie bestimmen nur die Art und Weise, wie etwas wahrgenommen wird. Für den Gesichtssinn tragen sie also dazu bei, zu bestimmen — nicht was wir sehen — sondern wie wir etwas sehen, d. h. also ob wir den Gegenstand der Wahrnehmung klar und deutlich oder undeutlich, durchsichtig, trübe oder undurchsichtig, fern oder nah sehen, endlich ob wir einen täuschenden Schein, oder einen nothwendig mit allen Functionen des Erkenntnissvermögens bestimmten Gegenstand vor uns haben.

Die physiologischen Bedingungen für das deutliche und undeutliche Sehen sind das Gebiet, welches vorzugsweise mit dem grössten Erfolg in der neueren Zeit bearbeitet worden ist, und wesentlich dazu beigetragen hat, die Ophthalmologie vor allen anderen Zweigen der Medicin den exacten Wissenschaften zu nähern. Da hier die Principien der Physik überall zu entscheiden haben, so ist nicht viel von psychologischer Seite zu sagen. Die Verwerthung der physikalischen Optik in der Anatomie des Auges und

die Accommodationslehre, wie sie in der Bearbeitung durch die Koryphäen der Wissenschaft vor uns liegen, sprechen für sich selbst. Die Nothwendigkeit psychischer Functionen tritt mehr hervor beim Urtheil darüber, ob etwas durchsichtig oder undurchsichtig ist, weil der physikalische Reiz in beiden Fällen derselbe sein kann, und Vergleiche zwischen verschiedenen Nebenumständen nothwendig sind, um zu entscheiden, ob man einen Gegenstand durch einen anderen hindurch sieht oder nicht, ob man ein gemaltes oder ein wirkliches Glas vor sich hat u. s. w.

Unsere Urtheile über Nähe und Ferne der Gegenstände werden aber nicht nur durch mannigfaltige psychische Combinationen und Schlüsse, sondern auch durch die Gewohnheit gewisser begleitender Augenbewegungen bestimmt. Wir sahen, dass die Fixation die begleitende Bewegung war, welche das Streben nach Erkennen der Gegenstände durch ihre Beziehungen hervorrief. Nun fordert die gemeinschaftliche Fixation beider Augen eine andere und grössere Muskelthätigkeit, wenn der Gegenstand der Wahrnehmung nahe liegt, als wenn er fern ist. Die Richtung der Sehachsen in die Ferne ist im allgemeinen leichter, weil nur ein Muskel, der *abducens*, hauptsächlich dabei in Anspruch genommen wird, ausserdem höchstens noch der *rectus superior*, und die innere Accommodation sich vollständig entspannt, höchstens in hypermetropischen Augen noch den geringsten Grad nothwendiger Spannung beibehält; die Einstellung für die Nähe dagegen erfordert ausser der Thätigkeit der *interni* auch die der *obliqui* und in der Regel die des *interior* ausserdem, während auch die innere Accommodation in merkliche Spannung geräth. Ausser diesem Unterschied im Kraftaufwand zeigen Fern- und Nahstellung auch darin eine merkliche Verschiedenheit, dass sie durch antagonistisch gestellte Muskeln bewirkt werden, welches Umstandes wir uns ebensowohl bewusst werden können wie des Unterschiedes zwischen rechts und links, Beugen und Strecken, Adduciren und Abduciren in unserem ganzen Körper. So associiren sich also Fern- und Nahstellung der Augenachsen derartig mit unseren Urtheilen über Nähe und Ferne der Gegenstände, dass bei Unterbrechung dieser Gewohnheit, wenn wir ferne Gegenstände mit Nahstellung der Augen, oder nahe Gegenstände mit Fernstellung betrachten. gewisse constante Täuschungen in unserem Urtheil eintreten.

Das Urtheil über die Entfernung der Gegenstände gewinnen wir, indem wir die wirkliche Grösse derselben unabhängig von der blossen Bildgrösse, die wir im mathematischen Sehen auffassen,

zu erkennen streben. Es ergiebt sich aus dem Verhältniss der Bildgrösse zur Entfernung nach dem allgemeinen Denkgesetz: „Je näher desto grösser, je ferner desto kleiner", welches Krause durch den Querschluss nachgewiesen hat. Dass zu diesem Hauptgrundsatz noch andere in unserem Denken begründete Motive sich hinzugesellen können, ist damit nicht geleugnet; z. B. „je trüber desto ferner, je klarer desto näher" gilt besonders unter unserem nordischen Himmel. Der Nordländer, ungewohnt der Klarheit der südlichen Atmosphäre, schätzt dort zuerst die Entfernungen stets zu gering. In ungewöhnlich trüber Luft aber erscheinen uns oft die Gegenstände zu gross, weil wir ihre Entfernung grösser schätzen als sie ist, und ihre Bildgrösse also im Verhältniss zu der supponirten Entfernung zu gross ist. Umgekehrt erscheint uns Alles zu klein, dessen Entfernung wir zu gering schätzen. Alle diese Urtheile, durch das Streben zum Erkennen der wirklichen Grösse erworben, werden, wie jedes Streben, von Muskelthätigkeit begleitet, speciell durch die Fixation für die Nähe oder Ferne, und es ist nur dasselbe Princip, welches jeden Muskelschwindel charakterisirt, wenn der unerwartete Erfolg dem Streben und der aufgewandten Innervation der Muskeln nicht entspricht. Es tritt das ein, wenn wir unter einer Muskelthätigkeit, die für die Nähe angemessen ist, ferne Dinge betrachten, oder nahe mit einer solchen, die für die Ferne angemessen ist. Abgesehen von den Doppelbildern, die dabei auftreten können, erscheinen im ersten Fall die Dinge zu klein, im zweiten zu gross, d. h. kleiner oder grösser, als wir sie beim normalen Gebrauch aller Urtheilskräfte finden würden. So erklärt sich die Mikropie, wenn wir mit zu starker Convergenz der Sehachsen Gegenstände betrachten oder die Accommodation durch Atropin nahezu gelähmt ist und daher stark angestrengt werden muss; ebenso die Makropie, wenn wir, wie z. B. im Stereoskop, mit verhältnissmässig zu schwacher Convergenz oder Parallelstellung der Sehachsen nahe Gegenstände betrachten, oder durch Calabar die Accommodation auf einen höheren Grad angespannt haben, so dass unser Innervationsimpuls nur noch sehr gering zu sein oder gar nicht statt zu finden braucht.

Der bisher erwähnte Einfluss der Muskelthätigkeit auf den Sehact, wie er das Streben nach deutlichem Erkennen der Gegenstände in Nähe und Ferne begleitet, und nur möglich wird durch das voraufgegangene mathematische Erfassen der Bilder oder Formen der Objecte, ist die einzige Art des Einflusses, welcher erfahrungs-

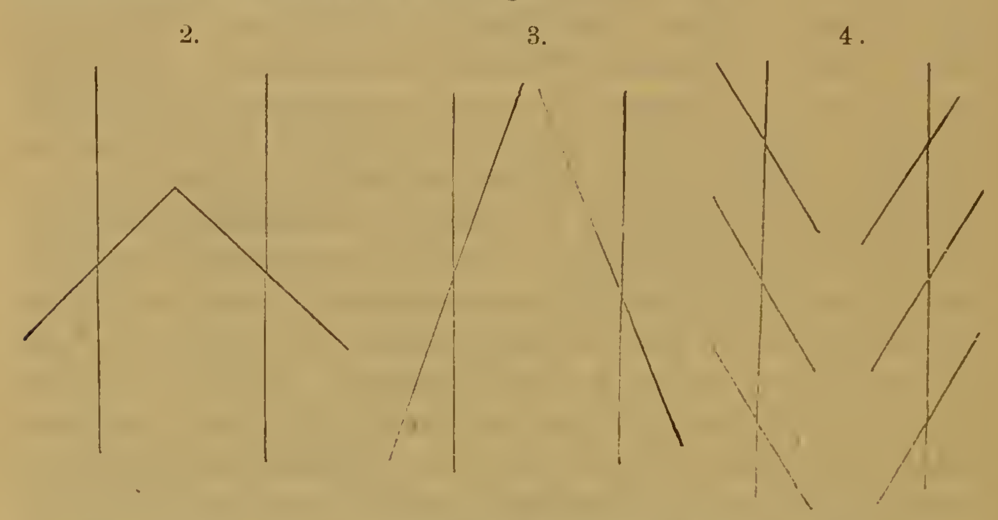
mässig und experimentell bewiesen ist. Dass das erste Deuten der Bilder als wirkliche Gegenstände von der Fixation begleitet ist, kann man aus der Art erschliessen, wie Kinder und operirte Blindgeborene sehen lernen. Dass die Fern- und Nahstellung der Sehachsen vergrössernd und verkleinernd auf die Gesichtsobjecte einwirkt, kann man jeden Augenblick experimentell nachweisen. Jeder andere Einfluss der Muskelgefühle auf den Sehact, auf das Erfassen der Conturen, auf das Erkennen der Formen, auf das Ausmessen ihrer Grösse, auf das Wahrnehmen der Tiefendimension, auf die Projection der Netzhautbilder u. s. w., ferner ihre Association mit einzelnen Netzhautstellen und dgl. ist nichts als Hypothese, welche wenigstens bisher jeder Stütze in der Erfahrung entbehrt.

Wenn nach Kant jede Sinnestäuschung dadurch entsteht, dass wir die subjectiven Bedingungen der Wahrnehmung verwechseln mit dem objectiven Gegenstand der Wahrnehmung, so können wir beim Gesichtssinn zwei Arten der Täuschungen unterscheiden, nämlich solche, die durch das mathematische und solche, die durch das dynamische Sehen veranlasst werden. Über die erste Classe von Täuschungen haben wir schon oben geredet. Wenn man die mathematische Grösse der Objecte, wie sie durch die physikalischen Verhältnisse des Auges und der Netzhaut bedingt wird, verwechselt mit der wirklichen Grösse der Gegenstände, so kann man, wie wir oben ausgeführt haben, alle peripherisch gelegenen Objecte verkleinert sehen, verticale Linien grösser schätzen als horizontale, und rechte Winkel für leicht spitze oder stumpfe halten. Verwechselt man subjective Erregung von Farben, die durch Ernährungsprocesse in der Retina entstehen, mit wirklichen Eigenschaften der Gegenstände, welche eine Reizung der Retina von aussen veranlassen, so hält man irrthümlich Nachbilder für wirkliche Gegenstände und flüchtige Contrastfarben für bleibende Eigenschaften der Körper. Dass aber auch das dynamische Sehen, die Anwendung der Relation, das Streben nach Erkenntniss des wirklichen Verhaltens der Gegenstände zu einander, Täuschungen nach demselben Princip veranlassen kann, ist um so interessanter, weil es einen schlagenderen experimentellen Beweis für die Richtigkeit der ganzen Theorie des Sehens, wie wir sie am Leitfaden der Kategorien aufgestellt haben, schwerlich geben kann.

Die Functionen der Relation haben, wie wir ausgeführt, der Erkenntniss der Gegenstände dadurch zu dienen, dass wir die

Beziehung derselben auf den Ausgangspunct der Orientirung, den Punct des deutlichsten Sehens durch sie beurtheilen. Es sind also die Richtungen der Linien, die von allen Gegenständen im Sehfeld auf den Fixirpunct gezogen werden können, oder überhaupt zum Fixirpunct in ein Verhältniss gesetzt werden, die wir durch die Functionen der Beziehung bestimmen. Sind nun einige Figuren aus Linien von sehr verschiedener, mannigfaltiger Richtung zusammengesetzt, so begegnet es uns, dass wir nur die Richtung einiger Linien deutlich erkennen, über die Richtung anderer aber uns täuschen. Z. B. im Zöllner'schen Muster finden wir eine Anzahl verticaler Linien neben einander in gleichem Abstand gekreuzt durch viele kurze convergente Parallellinien, und wir finden, dass wir zwar die Richtung der vielen convergenten Parallellinien zweifellos erkennen, aber dass die verticalen merkwürdig zu schwanken scheinen, indem sie bald mit ihren oberen bald mit den unteren Enden sich einander zu nähern oder abzustossen scheinen. Wir können beobachten, dass sie stets da auseinander zu weichen scheinen, wohin die schrägen Kreuzungslinien convergiren, gleich als würden sie von ihnen zurückgestossen, und dass sie da sich einander nähern, wo die schrägen divergiren, gleich als würden sie von ihnen angezogen. Dass hier nicht der Contrast zwischen spitzen und stumpfen Winkeln allein zur Erklärung ausreicht, geht daraus hervor, dass die Täuschung ausbleibt, wenn man ein System von schrägen Parallellinien einer Richtung aus dem Muster wegnimmt oder zudeckt, und das andere übrig lässt, wo dann immer noch der Contrast zwischen spitzen und stumpfen Winkeln übrig bleibt. Wenn nicht die drei verschiedenen Richtungen im Muster enthalten sind, so ist die Täuschung nicht vorhanden. Dass die Täuschung lebhafter wird, wenn wir das Auge darüber hin und her bewegen, erklärt die Sache ebensowenig, denn jede Täuschung wird am besten dadurch überwunden, dass wir eine feste Fixation ausführen, während Augenbewegungen die ungünstigsten Bedingungen zur Überwindung jeder Täuschung darstellen, wenn sie nicht vom Streben nach einer festen Fixation geleitet werden. Weder die hypothetischen Eigenschaften der Netzhautstellen noch der Muskeln des Auges können irgend etwas zur Erklärung leisten. Dass diese psychologisch sein muss, hat Zöllner richtig gesehen. Nun versuche man die Erklärung durch die Annahme, dass die Richtung einer jeden Linie durch ihre Beziehung zu den benachbarten bestimmt wird. Die Beziehungen der schrägen Linien im Zöllner'schen Muster bestehen darin, dass sie sich einander in demselben

Maasse immer mehr nähern, wie sie sich von den verticalen entfernen. Sind wir nun zunächst durch die Richtung der schrägen Linien gefesselt, weil dieselben der Zahl nach bei weitem überwiegen, so wird die Richtung der verticalen als von ihnen abhängig aufgefasst, d. h. im Sinne eines Auseinanderweichens, wo die schrägen convergiren, und im Sinne einer Annäherung, wohin jene divergiren. Ist diese Erklärung richtig, so muss sie sich experimentell bestätigen lassen. Man versuche also, ob die Wirkung schräger kreuzender Linien auf verticale auch unter einfacheren Verhältnissen diese in's Schwanken bringt.

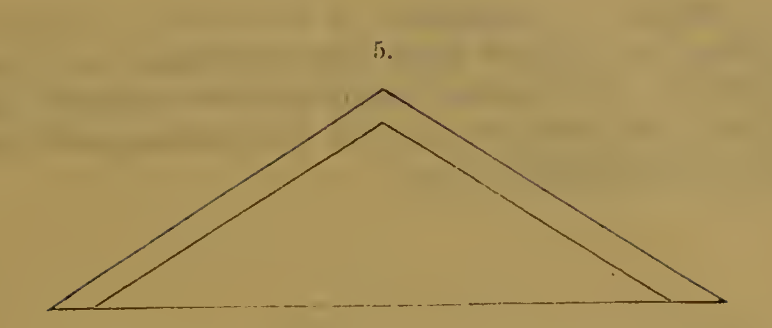


Man ziehe also zwei verticale Parallellinien und lasse dieselben durch zwei convergente Linien etwa im Winkel von 45° kreuzen, so wird man eine Neigung der Verticalen, sich dort von einander zu entfernen, wohin die Convergenz gerichtet ist, gewahr werden, während sie sich zu nähern scheinen an ihrem anderen Ende. Auffallender tritt dieselbe Täuschung hervor, wenn der Convergenzwinkel der Kreuzungslinien ein spitzerer ist, d. h. wenn die Beziehungen der Linien auf einander über einen grösseren Raum hin wirken können. Vermehrt man, wie in Fig. 4, die Zahl der convergenten Linien, so gewinnt die Täuschung an Kraft, zum Beweis, dass wirklich die Beziehungen der Linien verschiedener Richtung auf einander den Schein erzeugen.

Nach demselben Princip lassen sich nun alle Täuschungen, die auf dem Contrast verschieden gerichteter Linien beruhen, auflösen, z. B. alle die von Hering angegebenen Figuren.

Wir wollen nur noch verweisen auf die bekanntesten Täuschungen, auf die neuerdings die Architektur aufmerksam geworden ist.

5.



Im dreieckigen Giebelfeld eines Griechischen Tempels z. B. scheint die horizontale Grundlinie nach unten auszuweichen. Die Erklärung liegt darin, dass wir die Richtung der Linien durch ihre Beziehung auf einander erkennen. Die Beziehungen sind aber die, dass die schrägen Seitenlinien sich in demselben Maasse von einander entfernen, wie sie sich der Grundlinie nähern. Richten wir die Aufmerksamkeit auf die oberen Seiten des Giebels, so wirkt die Beziehung derselben zur Grundlinie so ein, dass sich deren Enden zu heben scheinen, denn zum Erkennen der Richtung der oberen Seiten gehört die Annäherung an die Enden der Grundlinie. Diese Erhebung oder Heranziehung der Enden bewirkt aber den Schein einer Abwärtsbiegung in der Mitte der Grundlinie. Zugleich scheint auch die Beziehung mitzuwirken, dass die Spitze des Giebels sich in demselben Maasse von der Grundlinie entfernt, in welchem die Seiten sich an ihren Enden annähern. Denn je mehr man gezwungen ist, gerade die Höhe des Giebels zu beurtheilen, d. h. je steiler wir selbst bei der Betrachtung eines solchen Bauwerkes von unten nach oben blicken, desto auffallender erscheint auch die Täuschung in der Grundlinie. Dagegen können wir auch die Täuschung momentan dadurch vermeiden, dass wir von den Seiten des Giebels ganz abstrahiren, und die Aufmerksamkeit allein auf die Grundlinie richten. Das Verhältniss eines Brückenbogens zur horizontalen Strasse, die über ihn führt, ruft bei der Profilansicht die ähnliche Täuschung hervor, dass die Horizontallinie gegen die Mitte des Bogens angezogen erscheint, was wieder nach denselben Principien zu erklären ist. Die Richtung der krummen Linie erkennen wir durch ihre Beziehung zu den benachbarten, und die ist, dass sie sich der Horizontallinie in demselben Maasse allmählich annähert, wie ihre Krümmung von unten auf in die Höhe steigt.

Der Irrthum wird immer durch die Verstandesfunctionen erzeugt, deren unmittelbares Ergreifen der Data der Sinnlichkeit

oder des Stoffes der Empfindung so lange noch zu Täuschungen führen kann, bis nicht die Hülfe aller Grundsätze und Principien des Verstandes den falschen Schein auf seine Ursachen zurückgeführt hat, das heisst, bis aus den Wahrnehmungsurtheilen Erfahrungsurtheile geworden sind.

Druck von A. Neuenhahn in Jena.
(238)